

INHALT

THIEDE	Eine Großanlage für integrierte Datenverarbeitung	201
SCHUBERT/WEISSER	Das Siemens-Datenverarbeitungssystem »2002«	203
FUCHS	Steuerung des Betriebsablaufes mit PRODUKTOGRAPH-Anlagen	206
SEHNERT	Einsatz des Siemens-Selex-Verfahrens in einer Arbeitsvorbereitung	209
ROHDE	2 ³ / ₄ Millionen EMD-Fernsprechanlüsse	212
HOBELSBERGER	Neuzeitliche Fernsprech-Nebenstellentechnik	214
GONSHIOR/SCHWUB	Verkehrs- und Betriebsbeobachtung in Fernsprech-Wählanlagen	216
GILLMEISTER	Wechselsprechanlage für Krankenhäuser	219
VILLMANN	ESK-Umwerter für die Landesfernwahl	220
SÜHRIG	Automatische Stromversorgung von Wähl-Vermittlungsanlagen	222
HILDENBRAND	Der Siemens-Unterrichts-Reaktor SUR	224
BERGER/WATZINGER	Stromgeregelte Umformersätze zur Speisung von Strahlführungsmagneten	228
MEYER	Die untersynchrone Stromrichter-kaskade, ein hochwertiger Regelantrieb für kleine Drehzahlstellbereiche	231
LEONHARD/WALLER	Digitale Programmregelung für Prüfstände der Kraftfahrzeugindustrie	234
MOSCH	Elektrische Ausrüstung von Anlagen für induktive Erwärmung	237
MEYER	Projektierung von Schaltanlagen mit dem Siemens-Lichtbogenlöscher.....	241
RUFF	Neue Wege beim Bau und bei der Unterbringung von Transformator- stationen	243
LAUSMANN/SCHMITT	Zentral-Verteilung N 1960 für Niederspannung mit wandelbarem Aufbau und ausziehbaren Geräteblöcken	245
HERRLE	Ein neues Funkgestell für PPM-Richtfunkverbindungen im Bereich um 2000 oder 2500 MHz	248
KRAUS	Schweißen der Polyäthylen-Mäntel von Nachrichtenkabeln	251
SUTTER	Rechteckiges Schalttafel-Instrument 144 × 72 mit Grenzwertmeldern	253
JENTSCH	Linien-schreiber zum Anschluß an Großbereichswandler	255
BENZINGER	Festzeitsteuergeräte der Typenreihe BU für Verkehrssignalanlagen	257
GUDT	Ein neuer Signalgeber für Verkehrssignalanlagen	260
HÖPPNER	Neue Gleichstrommaschinen der Reihe G 2	261
HOMP	Ölarme Expansionsschalter der Reihe 10 mit höherer Ausschaltleistung	263
HÄNLEIN	Neuartige Halbleiter-Kühlelemente	264
JÄGER	Elektrosätze zur Stromversorgung von Röntgengeräten	266
AMBERGER	Leiterbruchwächter RM 80 zum Schutz von Drehstrommotoren gegen Einphasenlauf	268
WIEGAND	Elektrische Bauelemente für erhöhte Anforderungen	270
BAADER	Siemens-Halbleiter-Bauelemente	275
MELCHER	Neue Höchstfrequenz- und Spezialverstärkerröhren	278
WITTENZELLNER	Langstabilisatoren als Bauelemente für Hochspannungs-Freileitungen	280
HARTMANN	Innenraumtrenner (Reihen 10 bis 30) nach neuer Norm mit Gießharzisolierung	283
ADOLPH	Netztransformatoren für den unmittelbaren Anschluß von Kabeln	284
HÜBNER	Vorzüge der Schiffskabel mit Butylkautschuk-Isolierung	286
WEIK	Innenraumleuchten mit Xenonlampen	288
GORYCZKA	Neuzeitliche Hochspannungszählsätze	289
FRANCK	Eine neue Reihe Drehstromzähler für Wirk- und Blindverbrauch.....	292



Bedienungspult der Datenverarbeitungsanlage »2002«

Eine Großanlage für integrierte Datenverarbeitung

VON ERWIN THIEDE

In fast allen Ländern der Erde arbeiten heute bereits zahlreiche elektronische Rechner. Sie lösen schwierigste Aufgaben der Mathematik und Technik in kürzester Zeit und mit großer Exaktheit. Das technische Problem, derartige Maschinen zu bauen, ist grundsätzlich gelöst.

Inzwischen hat sich jedoch das Schwergewicht der zu lösenden Aufgaben auf ganz andere Gebiete verlagert. Die zunehmende Personalknappheit und die Tendenz zu einer immer weitergreifenden Rationalisierung legen den Gedanken nahe, derartige Maschinen auch für die vielfältigen Aufgaben der technischen und kaufmännischen Verwaltung einzusetzen.

Hierdurch ergab sich eine Fülle von weiteren Problemen. Ein vollautomatisches System für integrierte Datenverarbeitung muß jetzt neben der eigentlichen Datenverarbeitung auch die selbsttätige Datenerfassung, die Datenaufbereitung sowie die Datenübertragung umfassen.

Für die Datenerfassung gibt es viele Möglichkeiten. Der zu beschreitende Weg hängt nicht nur von der Art der zu erfassenden Daten ab, sondern die Daten müssen in einer Form gewonnen werden, die ihre unmittelbare Weiterverarbeitung zuläßt. Sofern eine Aufbereitung der Daten nötig ist, kann sie am Ursprungsort oder an einer zentralen Stelle vorgenommen werden.

Die zu verarbeitenden Daten müssen oft über weite Entfernungen und von einer Vielzahl von Orten an die eigentliche Datenverarbeitungsanlage übermittelt werden. Man braucht daher Übertragungssysteme, die die

bereits aufbereiteten Daten in einer Form übertragen, daß sie möglichst unmittelbar in die eigentliche Datenverarbeitungsanlage eingegeben werden können. Für manche Aufgaben ist es auch erforderlich, mehrere Datenverarbeitungsanlagen miteinander zu koppeln.

Für die Übertragung bieten sich die bewährten Verfahren der Fernschreibtechnik an. Mit einem Fernschreiber lassen sich Nachrichten über beliebige Entfernungen direkt an das Datenverarbeitungssystem geben, bei Bedarf können sogar Fernschreibvermittlungssysteme dazwischengeschaltet sein. Sofern die im Fernschreibbetrieb üblichen Übertragungsgeschwindigkeiten nicht ausreichen, lassen sich eigene Datenübertragungswege schaffen, die bei Verwendung entsprechend breiter Frequenzbänder Übertragungsgeschwindigkeiten bis zu 2400 Baud ermöglichen. Allerdings sind bei jeder Übertragung besondere Maßnahmen zur Datensicherung erforderlich, um Übermittlungsfehler auszuschließen.

Die Sonderschau des Siemens-Standes auf der Deutschen Industrie-Messe 1961 in Hannover zeigt einen kleinen Ausschnitt aus den Möglichkeiten eines solchen vollautomatischen Systems für integrierte Datenverarbeitung. Sie steht unter dem Motto »Elektronik in der Organisation« und zeigt, wie selbständige Systeme für die Rationalisierung der Betriebe zu einer übergeordneten Großanlage zusammengeschaltet werden können (s. Bild auf Seite 202).

Den Mittelpunkt des Systems bildet eine Siemens-Datenverarbeitungsanlage »2002«, die für diese Aufgaben mit Großspeichern in Form von Magnetbandgeräten,

Anschlüssen für Lochkartengeräte sowie einer Steuerung für Fernschreib- und Siemens-Selex-Geräte ausgerüstet ist. Ein Analog-Sichtgerät ermöglicht zusätzlich eine optische Anzeige der Ergebnisse.

Zur Datenerfassung in den Fertigungsstätten dient eine PRODUKTOGRAPH*-Anlage. Sie bietet die Möglichkeit, unmittelbar an den Maschinen oder an sonstigen Geräten Informationen in Form von elektrischen Impulsen zu gewinnen. Hierfür setzt man Impulsgeber, Impulszähler und ähnliche Einrichtungen ein. Die Daten werden entweder sofort oder nach kurzer Zwischenspeicherung über Fernschreibleitungen an die zentrale Datenverarbeitungsanlage weitergegeben. Rückmeldungen über die Auswertung sind hier meistens nicht erforderlich, da sie nur an zentraler Stelle für die Betriebsleitung wichtig sind.

Informationen in der kaufmännischen und technischen Verwaltung werden durch eine Siemens-Selex-Anlage erfaßt. Diese Anlage hat selbständig arbeitende zentrale Steuerorgane, so daß sie die anfallenden Daten für die Eingabe selbst aufbereitet. Darüber hinaus kann die Anlage die anfallenden Informationen nach einem beliebig wählbaren Schlüssel an mehrere Ausgabegeräte verteilen. Hierbei lassen sich – unabhängig von der zentralen Datenverarbeitungsanlage – nach einem eigenen Programm Zusätze einfügen und sonstige Änderungen der Informationen durchführen. Das Programm enthält auch die Anweisungen, in welcher Form die Nachrichten an den Ausgabegeräten auszudrucken sind.

Zur Erfassung der Arbeitszeit ist noch das Telecollecta-Verfahren zu erwähnen. Hierbei erhalten die Firmenausweise aller Betriebsangehörigen Lochkombinationen, die alle wesentlichen Daten, wie Namen, Werksabteilung, Lohngruppe usw., in codierter Form enthalten. Beim Betreten und Verlassen des Werkes werden diese Informa-

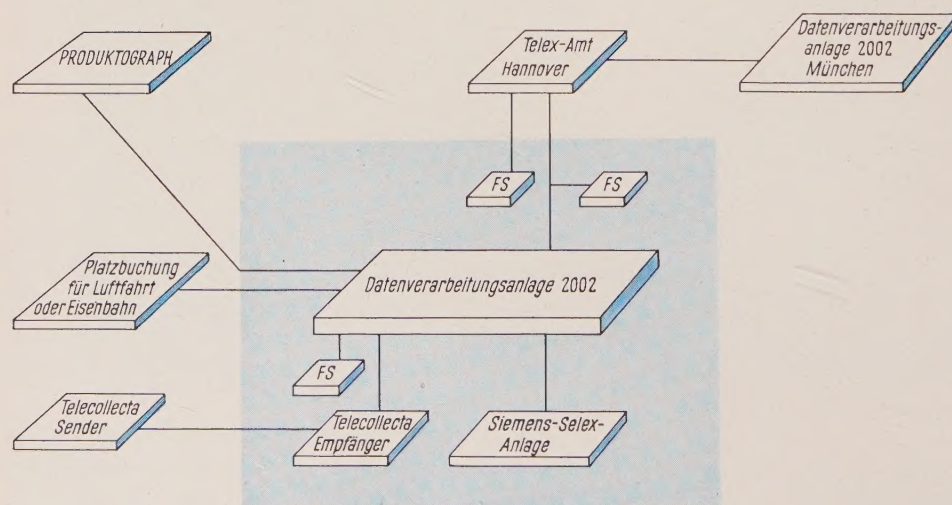
tionen abgetastet und an eine Zentrale übertragen. Dort werden sie unter Hinzufügen von Zeitmarken in einem Lochband gespeichert und können nun in die zentrale Datenverarbeitungsanlage zur Auswertung einlaufen.

Einen weiteren interessanten Zweig der Datenverarbeitung zeigen Platz-Buchungsanlagen für Eisenbahnverwaltungen und Fluggesellschaften. Bei der Platzbuchung muß die zentrale Datenverarbeitungsanlage von einer großen Zahl von Abfragestellen in den Fahrkartenausgaben und Reisebüros unmittelbar zu erreichen sein, um dem Reisenden sofort die gewünschten Auskünfte erteilen oder ihm die vollzogene Platzbuchung bestätigen zu können. Als Ein- und Ausgabegerät zur Buchung von Reisen werden im allgemeinen Fernschreiber eingesetzt. Bei Büros mit starkem Kundenverkehr lassen sich auch besondere Buchungsplätze verwenden. Diese Geräte können an eine Datenverarbeitungsanlage »2002« angeschlossen werden.

Fernschreibkanäle verbinden diese Datenerfassungsgeräte mit der zentralen Datenverarbeitungsanlage. Hierfür sind handelsübliche Fernschreibgeräte eingesetzt sowie eine Vermittlungsanlage, die es ermöglicht, in innerbetrieblichen Netzen Informationen von verschiedenen Außenstellen in einer Zentrale zu sammeln und gegebenenfalls nach bestimmten Gesichtspunkten zu verteilen. Über eine normale Telex-Leitung kann auch eine Verbindung zu einer Siemens-Datenverarbeitungsanlage »2002« in München hergestellt werden, um das Zusammenwirken von zwei derartigen Anlagen zu zeigen.

In den drei folgenden Aufsätzen werden die hier erwähnten datenerfassenden und datenverarbeitenden Systeme näher beschrieben.

* Eingetragenes Warenzeichen



FS Fernschreiber

Beispiel einer Zusammenschaltung von Datenerfassungs- und -verarbeitungssystemen zu einer übergeordneten Großanlage. Die in der blau unterlegten Fläche schematisch dargestellten Geräte stehen auf dem Siemens-Messe-Stand Halle 17

Bild 1
Datenverarbeitungs-
anlage »2002«
im Rechenzentrum
München des
Wernerwerkes für
Telegraphen- und
Signaltechnik



Das Siemens-Datenverarbeitungssystem »2002«

VON HORST SCHUBERT UND WOLFGANG WEISSER

Durch die fortschreitende Verwendung elektronischer Hilfsmittel auf dem Gebiet der Datenverarbeitung und die Entwicklung immer vollkommenerer und schneller arbeitender elektronischer Bauteile ist das Leistungsvermögen der Datenverarbeitungsanlagen (Bild 1) derartig gestiegen, daß sie auch außergewöhnliche Anforderungen erfüllen können.

Die Sonderschau auf dem Siemens-Messe-Stand in Hannover zeigt die Datenverarbeitungsanlage »2002« als Mittelpunkt einer Großanlage für integrierte Datenverarbeitung. Ihr Aufbau und die Einsatzmöglichkeiten sollen kurz beschrieben werden.

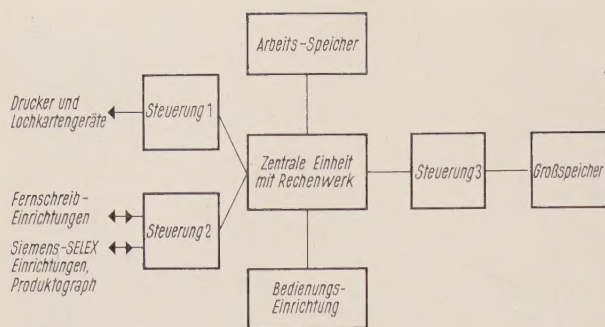
Aufbau des Systems

Das Kernstück des Datenverarbeitungssystems »2002« (Bild 2) ist die »Zentrale Einheit« mit dem Steuer- und Rechenwerk. Sie steuert und überwacht den Befehlsablauf sowie das Zusammenarbeiten der verschiedenen unabhängigen Anschlußeinrichtungen. An die »Zentrale Einheit« sind als »Arbeitsspeicher« Ferritkernspeicher angeschlossen, die außerordentlich kurze Zugriffszeiten haben und daher die hohe Arbeitsgeschwindigkeit der ganzen Anlage ermöglichen.

An diese zentralen Einrichtungen können die Verbindungseinheiten zu den »Großspeichergeräten«, wie Magnetbandeinheiten, Magnettrommelspeicher und Magnettrommel-Großspeicher, angeschlossen werden. Alle diese Geräte sind über Pufferspeicher mit der »Zentralen Einheit« verbunden und arbeiten im Datentransfer zwischen den Großspeichern und den Pufferspeichern völlig unabhängig und simultan zur »Zentralen Einheit« sowie den übrigen Einrichtungen. Maximal lassen sich sechs Steuerungen, jede Steuerung für bis zu zehn Magnetbandgeräte, anschließen.

Ein- und ausgabeseitig kann die »Zentrale Einheit« durch die »Steuerung für Drucker und Lochkarten-geräte« erweitert werden, die den Anschluß von fünf Lochkartenabtastern, fünf Lochkartenstanzern und fünf Tabelliermaschinen oder Schnelldruckern ermöglicht.

Die »Steuerung für Fernschreibeinrichtungen und Siemens-Selex-Geräte« dient dazu, das System mit Daten-Übertragungseinrichtungen zu verbinden, oder auch zur Zusammenarbeit mit Datenerfassungseinrichtungen, die räumlich weit entfernt liegen können. Mit dieser Einheit können bis zu 50 Fernschreibein- und -ausgänge aller vorkommenden Geschwindigkeiten parallel angeschlossen werden. Es lassen sich jedoch nicht nur Fern-



Steuerung 1: Steuerung für Drucker und Lochkartengeräte
Steuerung 2: Steuerung für Fernschreibeinrichtungen und Siemens-Selex-Geräte
Steuerung 3: Steuerung für Großspeicher

Bild 2 Blockschema des Datenverarbeitungssystems »2002«

schreibleitungen anschließen, sondern auch Siemens-Selex-Anlagen sowie PRODUKTOGRAPH*-Anlagen.

Durch verschiedene Erweiterungsmöglichkeiten, wie den Gleitkommazusatz, Magnettrommel-Zubringerspeicher usw., läßt sich die Anlage individuell den verschiedenen praktischen Erfordernissen leicht anpassen.

Ein- und Ausgabemöglichkeiten

Die Möglichkeiten der Datenerfassung sind außerordentlich zahlreich; deshalb können hier nur die wichtigsten genannt werden.

Als Spezialeinrichtungen zur Datenerfassung und -verteilung sind vor allem die Siemens-Selex-Anlagen¹⁾ und PRODUKTOGRAPH-Anlagen²⁾ zu nennen.

Die Einrichtungen der normalen Fernschreibtechnik können ebenfalls zur Datenerfassung und -verteilung herangezogen werden. Selbstverständlich kann man über Blattschreiber Nachrichten direkt oder über Leitungen an das Datenverarbeitungssystem geben und ebenso über derartige Einrichtungen Nachrichten von diesem empfangen und ausdrucken. Vorteilhaft ist hierbei, daß sich – falls nötig – ganze Vermittlungssysteme dazwischenschalten lassen.

Liegen die Orte, an denen die Daten anfallen, sehr weit vom Datenverarbeitungssystem entfernt, so können die Informationen mit Hilfe der Übertragungstechnik direkt an dieses übergeben werden.

Hierzu werden außer den heute üblichen Telegrafie-Übertragungseinrichtungen in Zukunft Schnellübertragungswege verlangt, die Übertragungsgeschwindigkeiten zwischen 200 und 2400 Baud zulassen.

Da die Sicherheit der Übertragung immer von ausschlaggebender Bedeutung ist, sind besondere Sicherungseinrichtungen entwickelt worden, die zusätzlich auf diesen Leitungen eingesetzt werden können und die die Übergabe von fehlerhaften Zeichen an das Zentrale Datenverarbeitungssystem praktisch vollständig verhindern.

Anwendungsbeispiele

Das Siemens-Datenverarbeitungssystem »2002« wird für eine Vielzahl von Aufgaben aus der technischen und kaufmännischen Verwaltung eingesetzt. In der technischen Verwaltung sind die verschiedenen Arten der Fertigungsplanung und -disposition Hauptaufgabengebiet der Datenverarbeitung. Die kaufmännischen Verwaltungsaufgaben in Industrie und Handel, Banken, Versicherungen, Verkehrs- und Versorgungsbetrieben lassen sich in drei große Gruppen einteilen: Abrechnungsaufgaben (z. B. Lohnabrechnung, Materialabrechnung, Fakturierung); Buchhaltungsaufgaben (z. B. Kontokorrent-Buchhaltung) und Planungsaufgaben.

Fakturierung mit Lochstreifenkarten

Eine charakteristische Anwendung aus der kaufmännischen Verwaltung ist die Fakturierung mit Lochstreifenkarten, die hier als Beispiel beschrieben werden soll.

Im Handelsbetrieb fallen umfangreiche Arbeiten für die Fakturierung an. Man verwendet bei der integrierten Datenverarbeitung die Rechnungsdaten für alle Folgeauswertungen. Aus den Rechnungsdaten kann man Unterlagen für das Rechnungsausgangsbuch, für den Rechnungsauszug oder Kontoauszug, für die Kunden- und Artikelumsatzstatistik, für die Lagerbestandsrechnung, für die Lagerdisposition oder für die Nachbestellung bei den Lieferanten gewinnen.

Um einen besseren Vergleich der konventionellen Mittel der Datenverarbeitung mit den neuen Mitteln der integrierenden Datenübertragung und -verarbeitung zu geben, wird zunächst die Fakturierung mit Lochkarten beschrieben.

Größere Handelsunternehmen haben normalerweise eine erhebliche Anzahl von Lagern oder Niederlassungen und möchten aus Gründen der Rationalisierung zentral fakturieren. Heute werden für die Rechnungsschreibung die Kundenanschriften einer Lochkarten-Kunden-Ziehkartei entnommen und die zu fakturierenden Artikel aus einer Artikel-Ziehkartei gezogen. Die benötigten Mengen werden entweder durch vorgelochte Mengestückelung zusammengestellt oder in die Karten nachgelocht. Die so von Hand zusammengestellten Lochkarten werden zur zentralen Fakturieranlage gesandt, damit dort die Rechnung geschrieben werden kann. Die Rechnungsdaten für die weiteren Auswertungen werden auf Magnetband übernommen und für die jeweiligen Auswertungen sortiert, selektiert, verdichtet und ausgedruckt.

* Eingetragenes Warenzeichen

1) Schnert, F.: Einsatz des Siemens-Selex-Verfahrens in einer Arbeitsvorbereitung, Siemens-Zeitschrift 35 (1961) 209 bis 211

2) Fuchs, L.: Steuerung des Betriebsablaufes mit PRODUKTOGRAPH-Anlagen, Siemens-Zeitschrift 35 (1961) 206 bis 208

Durch Einsatz von Lochstreifengeräten bei der dezentralen Bearbeitung eingehender Bestellungen werden die für die Fakturierung benötigten Daten im Lochstreifen erfaßt, und zwar je Rechnung die Nummer der Bestellung, die Kundennummer und je Artikel die Artikelnummer und die Menge. Diese so gewonnenen Datenträger werden zur zentralen Fakturieranlage geschickt und dort eingelesen. Die Anlage sucht dann aus ihren Speichern zur Kundennummer die Kundenanschrift und zur Artikelnummer die Artikelbezeichnung, den Preis, die Rabattgruppe u. ä. heraus. Danach finden die Fakturierung und weitere Verarbeitung, wie schon beschrieben, statt. Kundennummern sowie Artikelnummern können durch Hinzufügen von Kontrollziffern so gesichert werden, daß Falschlochung erkannt werden. Gleichzeitig mit dem Lochen des Lochstreifens kann je Rechnungsposition eine Lochstreifenkarte erstellt werden, die die Nummer der Bestellung, die Kundennummer, die Artikelnummer und die Menge enthält. Wenn diese Karten in der Reihenfolge sortiert werden, in der die Artikel am Lager liegen, wird eine wesentliche Rationalisierung beim Zusammenstellen der Sendungen erreicht.

Bei Datenfernübertragung wird es in Zukunft möglich sein, mit einer zentralen Datenverarbeitungsanlage zu fakturieren, um die erwähnten Vorteile für die weitere Verarbeitung der Rechnungsdaten zu haben. Dadurch steht trotzdem die Rechnung beim dezentralen Lager sofort geschrieben zur Verfügung und kann der Ware beige packt werden. Die für die Fakturierung benötigten Daten können z. B. vom dezentralen Lager zur Datenverarbeitungsanlage entweder über das Telex-Netz oder über eine feste Standleitung übertragen werden. Die Rechenanlage sucht aus ihren Speichern Kundenanschrift, Artikelbezeichnung und Preis, nimmt die benötigten Rechenoperationen vor und gibt den vollständigen Rechnungstext wieder zum dezentralen Lager zurück. Dort wird jetzt auf einem normalen Fernschreiber oder auf einer Siemens-Selex-Anlage direkt die Rechnung geschrieben. Bei Verwendung einer Siemens-Selex-Anlage können Teile des Rechentextes eingefügt und gleichzeitig noch Lieferscheine, Lagerentnahmepapiere, Aufkleberanschriften usw. gewonnen werden.

Bei dieser Art der Bearbeitung wird die Lagerüberwachung, d. h. das Überwachen der Bestandshöhe je Artikel und Lager, von der Rechenanlage zentral durchgeführt, und die dezentral ausgedruckte Rechnung enthält nur die lieferbaren Positionen. Nach der letzten Rechnung des Tages werden bei Bedarf Rechnungsausgangsbücher, Lagerrückstandslisten, Lagerbestandslisten und ähnliche Nachweise dezentral für jedes Lager ausgedruckt. Darüber hinaus sind alle diese Angaben bei der zentralen Datenverarbeitungsanlage vorhanden und können für zentrale Steuerung des Einkaufs oder sonstige Planungsaufgaben verwendet werden.

Eine Fakturierung dieser Art kann ebenso gut mit dezentralen Lagern innerhalb eines geschlossenen Betriebsgeländes arbeiten wie mit dezentralen Lagern, die beispielsweise über ein ganzes Land verstreut liegen.

Platzbuchung

Daß das Siemens-Datenverarbeitungssystem »2002« umfassend verwendbar ist, zeigt sich besonders auch darin, daß es mit Vorteil auch für die Platzbuchung bei Fluggesellschaften und Eisenbahnverwaltungen angewendet werden kann. Platzbuchungen lassen sich dabei über normale Fernschreiberanlagen dem System zuführen. Solche Platzbuchungssysteme, die bisher zu den Sonderanlagen zählten, können aus rein serienmäßigen Teilen der Datenverarbeitungsanlage »2002« aufgebaut werden.

Da es sich jedoch bei Platzbuchungen immer um die Übertragung fester Datenmengen handelt, werden häufig besondere Eingabepulte bei den Platzbuchungsstellen vorgesehen und erleichtern dort die Arbeit wesentlich. Hierbei werden – wie es auch auf der Messe-Sonderschau gezeigt wird – die Angaben über die gewünschte Flugroute durch eine einsteckbare Randlochkarte fixiert. Lediglich die veränderlichen Daten, wie Datum, gewünschte Anzahl der Plätze, Klasse sowie Start- und Zielflughafen, werden über eine einfache Zehnertastatur eingegeben und durch Leuchtziffern und Kennzeichenlampen der Bedienungsperson und bei Bedarf auch dem Kunden sichtbar gemacht. Die richtige Buchung ist also leicht zu überprüfen, ehe sie – durch Drücken einer Starttaste ausgelöst –, an die Datenverarbeitungsanlage übermittelt wird; diese wertet die Buchungsanfrage nach den Vorschriften für die Platzreservierung und den noch verfügbaren freien Plätzen aus und meldet die Antwort in vorgeschriebener, jedoch von den einzelnen Gesellschaften frei wählbarer Form an den Buchungsplatz zurück.

Außer Platzbuchungen lassen sich auch Anfragen und Annullierungen zur Zentrale durchgeben. Ebenso kann die Anlage auch die Namen der Fluggäste registrieren, wie dies bei fast allen Fluggesellschaften gefordert wird, sowie die Sonderwünsche der Fluggäste aufnehmen und entsprechend verarbeiten.

Infolge der Erweiterungsmöglichkeiten, die das System bietet, lassen sich auch Sonderwünsche der Fluggesellschaften erfüllen. In den verkehrsschwachen Stunden können so beispielsweise entweder mit der Platzbuchung zusammenhängende oder ihr völlig fremde Aufgaben behandelt werden. So ist es z. B. möglich, Statistiken über die durchgeführten Flüge und die Belegung der Flugzeuge aufzustellen oder Flugschein- bzw. Lohn- und Gehaltsabrechnungen sowie die Abrechnung von Ersatzteilbeständen durchzuführen. Auf diese Weise läßt sich eine solche Platzbuchungsanlage wirtschaftlich sehr gut ausnutzen.

Bild 1 PRODUKTOGRAPH-Zentrale



Steuerung des Betriebsablaufes mit PRODUKTOGRAPH- Anlagen

VON LEONHARD FUCHS

Die fortschreitende Automatisierung der Fertigungsprozesse erfordert eine weitgehende Rationalisierung des betrieblich-organisatorischen Ablaufes. Einen wesentlichen Anteil der Verwaltungsarbeit und Steuerung des Betriebes nimmt immer noch das Erfassen von Daten ein. In vielen Fällen steht besonderes Personal zum Erfassen der Daten gar nicht zur Verfügung, so daß für die Planung einige mehr zufällig oder überschlägig ermittelte Werte benutzt werden. Aber auch dann, wenn besonderes Personal verfügbar ist, unterliegen die aus der Fülle der anfallenden Daten herausgegriffenen Werte der subjektiven Beurteilung und können somit leicht die Betriebsleitung zu Fehlschlüssen verleiten. Die beste Lösung dieser Aufgaben läßt sich erreichen, wenn die unmittelbar an den Arbeitsmaschinen entstehenden Werte automatisch und damit objektiv an zentraler Stelle angezeigt, registriert und grafisch dargestellt werden. Derartige Systeme zur Datenerfassung sind die PRODUKTOGRAPH*-Anlagen, mit denen man im neuzeitlichen Fertigungsbetrieb planen, lenken, erfassen und abrechnen kann. Sie lassen sich so aufbauen, daß die gewonnenen Ergebnisse unmittelbar einer Datenverarbeitungsanlage zugeführt werden können, wie sie im vorhergehenden Beitrag¹⁾ beschrieben worden ist.

Bild 1 zeigt ein Beispiel einer PRODUKTOGRAPH-Zentrale, deren Funktion und Arbeitsweise nachfolgend näher beschrieben wird.

Geber

Der Ausgangspunkt für die automatische Erfassung der innerbetrieblichen Daten liegt an den Arbeitsplätzen und Maschinen, und zwar während der Abwicklung des eigentlichen Fertigungsprozesses. Damit kann die bisher geübte nachträgliche Aufzeichnung von Menge, Zeit, Leistung und Maschinenzustand mit Hilfe von Formularen entfallen. Die automatischen und halb-automatischen Geber übermitteln die an Ort und Stelle gewonnenen Daten unmittelbar zur Zentrale. Die verschiedenartigen Maschinen in den einzelnen Wirtschaftszweigen, die Vielfalt der an diesen Maschinen auftretenden Vorgänge und die durch die spätere Auswertung festgelegte Aufgabenstellung erfordern Geber und Geberkombinationen, die auf den verschiedensten physikalischen Prinzipien beruhen. Es sei hier besonders betont, daß die fachgerechte Auslegung des einzelnen

* Eingetragenes Warenzeichen

1) Schubert, H. und Weisser, W.: Das Siemens-Datenverarbeitungssystem »2002«, Siemens-Zeitschrift 35 (1961) 203 bis 205

Gebers je Maschine Voraussetzung für die einwandfreie Datenerfassung in der Zentrale ist.

Die Einschaltdauer einer Maschine kann mit freien Kontakten am Einschalterschütz erfaßt werden. Endschalter, besonders bei Stanzen und Pressen eingesetzt, sprechen auf die Bewegungen bestimmter Maschinenteile an und werden sehr oft für die Mengenzählung verwendet. Strom- und Wirkleistungsrelais können Leerlauf und Belastung der Maschinen anzeigen. Werkstücke in Maschinen und auf Transportbändern sowie Maschinenbewegungen können auch mit Lichtschranken ermittelt werden. Körperschallmikrofone, die überwiegend für Bohr- und Fräsmaschinen eingesetzt werden, sprechen bei erhöhtem Schalldruck an und ermöglichen auch bei Mehrfach-Werkzeugen eine Stückzahlerfassung. Metergeber werden z. B. in der Textil- und Kabelindustrie, in Walz- und Drahtwerken verwendet. In der Getränke-Industrie ermitteln sogenannte Zählsterne die Anzahl der durchlaufenden Flaschen. In Ausnahmefällen werden Sonderkonstruktionen notwendig.

Die Aussagefähigkeit der automatischen Geber wird durch sogenannte Unterbrechungsgrund-Tasten (halbautomatische Geber) ergänzt (Bild 2). Durch Tastendruck kann der Grund des Maschinenstillstandes oder einer sonstigen Arbeitsunterbrechung eingegeben werden. Die Bezeichnung der einzelnen Unterbrechungsgründe ist betriebsbedingt. Zweckmäßigerweise werden sie normiert und zu Gruppen zusammengefaßt, wie z. B.

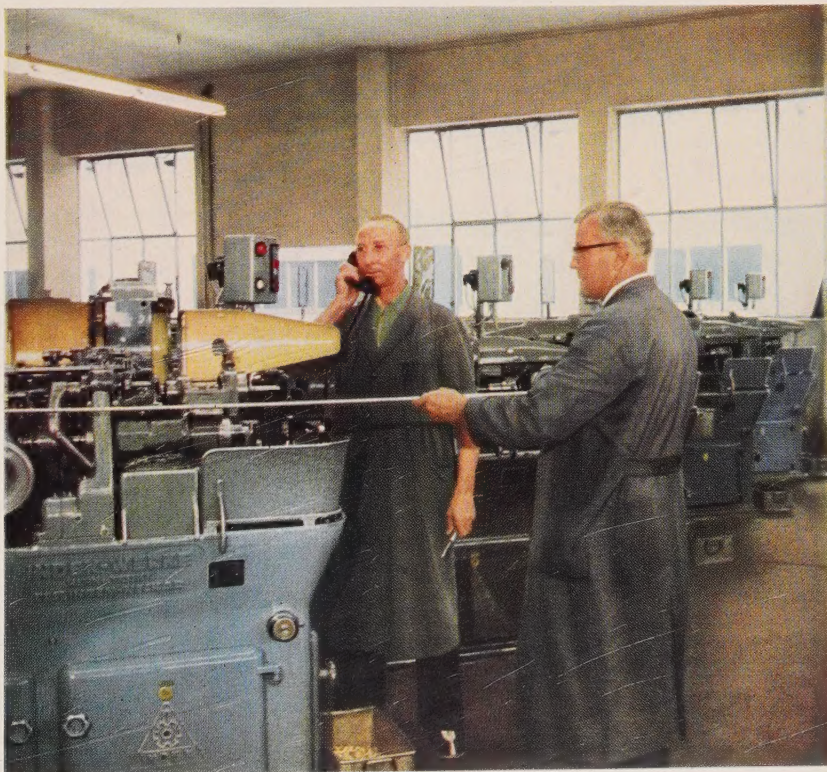
»kein Auftrag«, »Maschinenreparatur«, »Werkzeugschaden«, »kein Material vorhanden«, »Umrüsten«.

Das Erfassen von Stillstandszeiten, getrennt nach Stillstandsursachen, ist für die Beurteilung von Kostenschwankungen besonders wichtig. Bei Nicht-Eintasten des Stillstandsgrundes wird der Bedienende durch ein rotes Leuchtsignal hierzu aufgefordert. Die durch die Fertigung bedingten Stillstandszeiten werden durch entsprechende Bemessung der elektronischen Verzögerungsrelais berücksichtigt, so daß diese Unterbrechungen nicht angezeigt werden. Bei Fortgang einer unterbrochenen Arbeit wird durch den ersten Mengenimpuls die Unterbrechungsgrund-Taste magnetisch ausgelöst und die Zählung von Menge und produktiver Laufzeit wieder fortgesetzt.

Für die Betriebsabrechnung und für die Datenverarbeitung sind sehr oft weitere Angaben notwendig. Das Anzeigen und Übertragen der Nummer des in Arbeit befindlichen Auftrages oder ähnlicher Zahlen geschieht mit Hilfe einer Ziffernübertragungseinrichtung, die im Betrieb installiert ist.

Eine andere Möglichkeit, bestimmte Daten in die Zentrale zu übermitteln, ist durch die in die Anlage eingebaute Wechsel-Gegensprech-Anlage möglich. Die Durchsagen können auf einem Tonband registriert werden. Mit der Sprechanlage lassen sich Entscheidungen von der Zentrale dem Betrieb sofort übermitteln.

Bild 2 Werkstatt mit einer Reihe von halbautomatischen Gebern (Unterbrechungsgrund-Tasten)



Anzeige in der Zentrale

Die in der Fertigung an den Maschinen und Arbeitsplätzen erfaßten Daten und Zustände werden mit Hilfe zentraler Einrichtungen angezeigt, registriert und grafisch festgehalten. Lichtsignale machen auf Besonderheiten aufmerksam.

In der Zentrale befindliche Maschinenschreiber (Bild 3), die mit einem Papiervorschub von 30 mm/h laufen, registrieren die Daten von jeweils 20 angeschlossenen Maschinen. Jeder Maschine werden zwei Schreibspuren zugeordnet, wobei die eine zur Registrierung der Menge oder der Produktionszeit und die andere zur Registrierung der Dauer und der Art der Unterbrechung dient. Auf der zweiten Linie kann zusätzlich die gefertigte Stückzahl, dekadisch untersetzt (10, 100, 1000), registriert werden. Die Auswertung des Diagrammes ermöglicht z. B. Rückschlüsse auf den Maschinenzustand und läßt sich für die Beurteilung von Investitionen heranziehen.

Mit Hilfe eines Schnellschreibers, der einen Papiervorschub von 1800 mm/h hat, können Einzelanalysen angefertigt werden. Die einzelnen Maschinen lassen sich mit einem Wahlschalter aufschalten. Die gewonnenen Ergebnisse werden sowohl für die Qualitätskontrolle als auch für die Beurteilung von Stückzeiten herangezogen.

Die in der Zentrale befindlichen Zähler zeigen Mengen, Lauf- und Stillstandszeiten der überwachten Maschinen an. Besondere Zusatzeinrichtungen ermöglichen die Abfrage der erfaßten Werte, die geschrieben oder in Form von Lochstreifen oder Lochstreifenkarten festgehalten werden können. Diese Einrichtungen sind Bindeglieder zu den datenverarbeitenden Anlagen.

Mit Hilfe von Summierungseinrichtungen werden die Daten einer Maschinengruppe oder einer ganzen Abteilung festgehalten. Sie zeigen sowohl die insgesamt

gebrauchte produktive Zeit als auch die Zeitanteile für die einzelnen Unterbrechungsgründe an. Der Vergleich dieser Werte über längere Zeiträume läßt vor allem die Entwicklung der Kapazitätsauslastung der abgerechneten Einheit erkennen.

Wie weit die einzelnen Aufträge erfüllt sind, wird durch Linearzähler sichtbar gemacht, die den einzelnen Maschinen zugeordnet sind (Bild 1, im Hintergrund). Diese Linearzähler zeigen die Soll-Menge des Auftrages, die mit einem gelben einstellbaren Band markiert wird; ein blaues Band rückt entsprechend dem Takt der Produktion vorwärts. Der Maßstab dieses Gerätes kann untersetzt werden (10, 100, 1000) und paßt sich somit der jeweils zu fertigenden Stückzahl an. Auch hier ermöglicht es die unmittelbare Beobachtung und Auswertung, Stillstandszeiten zu vermeiden und den Produktionsfluß kontinuierlich zu halten.

Der Maschinenzustand (Produktion oder Unterbrechung, entsprechend der gedrückten Unterbrechungsgrund-Taste) wird in der Zentrale auf einem Lampenfeld angezeigt. Jeder Maschine sind hierfür sechs Lampen zugeordnet. Hierdurch wird der Bedienende auf die Entscheidungen aufmerksam gemacht, die letztlich von ihm zu treffen sind.

Auswertung der Daten

Die Auswertung der in der PRODUKTOGRAPH-Zentrale zusammenfließenden Daten ermöglicht ein sofortiges Handeln. Durch die direkte Anzeige des Standes der einzelnen Aufträge können Anschlußaufträge oder Umstellungen unmittelbar verfügt werden. Arbeitsunterbrechungen und ihre Ursachen werden ohne Verzögerung in der Zentrale auf Lampenfeldern erkannt und auf Maschinenschreibern registriert. Dadurch wird es möglich, unverzüglich Maßnahmen zur Behebung der Störung zu treffen.

Die Auswertung der Anzeigen und Registrierungen ermöglicht auch die langfristige Planung und Kontrolle der Maschinenauslastung, wirklichkeitsnahe Fertigungslenkung, Beschleunigung des Materialumlaufes, Verbesserung des Transportwesens, innerbetriebliche Leistungsvergleiche und Schaffung statistischer Unterlagen als Grundlage langfristiger Planungen.

Aufbau der Zentrale

Die Anlagen werden aus standardisierten Bauteilen gefertigt und den besonderen Erfordernissen der einzelnen Betriebe entsprechend aufgebaut. Sie können mit 220/110 V, 48 bis 62 Hz betrieben werden. Die Versorgungsspannung der in der Anlage enthaltenen Baugruppen beträgt 24 V. Die Versorgungsspannung für die elektronischen Baugruppen ist stabilisiert, so daß eine einwandfreie Funktion der Anlage auch bei Netzspannungsschwankungen von $\pm 15\%$ gewährleistet ist.

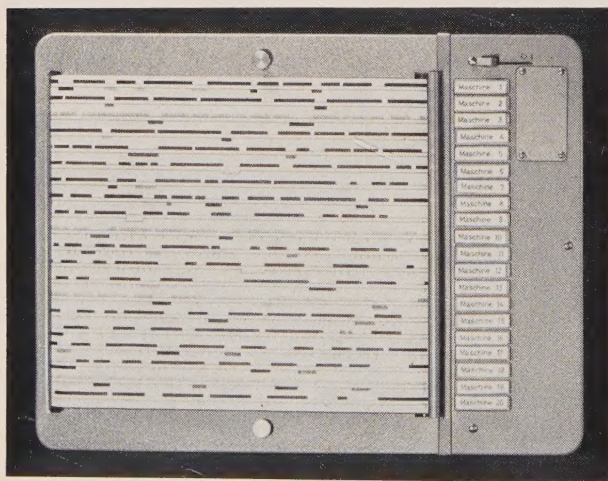
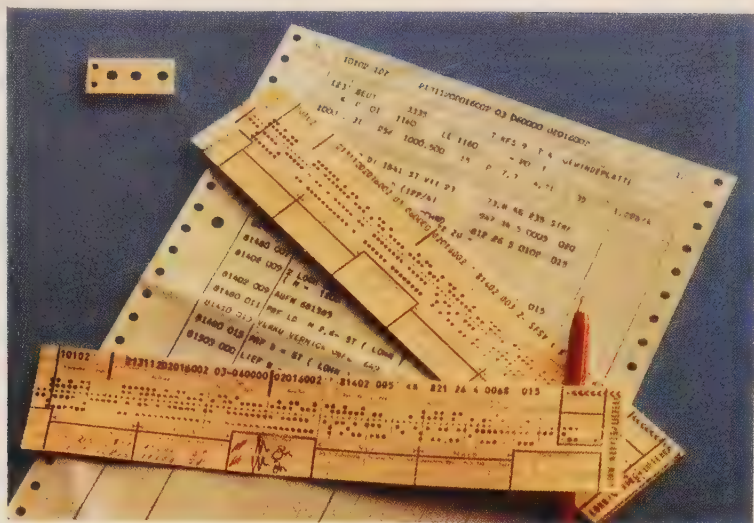


Bild 3 40fach-Schreiber zur Überwachung der Betriebszeit und der Unterbrechungszeiten von 20 Maschinen

Bild 1 Laufplan und Lochstreifenkarten (LSK) für eine Gewindeplatte



Einsatz des Siemens-Selex-Verfahrens in einer Arbeitsvorbereitung

VON FRITZ SEHNERT

Aus dem weiten Anwendungsgebiet der Siemens-Selex-Anlagen, die heute schon bei der Automobil-, Elektro- und chemischen Industrie, bei Handelsunternehmen, Hüttenbetrieben usw. in Betrieb sind, soll ein Beispiel über die Anwendung des Siemens-Selex-Verfahrens in der Arbeitsvorbereitung für eine Teilefertigung gezeigt werden.

Das reibungslose Durchschleusen eines Fertigungsauftrages durch die Fabrik erfordert neben einwandfreien technischen Anweisungen eine Anzahl von Begleitpapieren, die den genauen Arbeitsablauf sicherstellen.

In diesem Zusammenhang ist neben der Konstruktionszeichnung besonders der Fertigungsplan zu erwähnen, der alle Notwendigkeiten des Fertigungsablaufes berücksichtigt und einen zwangsläufigen Ablauf sicherstellt. Er enthält neben technischen Angaben u. a. die Arbeitsfolge, eine genaue Arbeitsbeschreibung, zu verwendende Betriebsmittel, Stückzeiten und Werkstoffangaben.

Die Vielfalt der Aufgaben erfordert auch eine Vielzahl von Belegen, von denen jeder seine besondere Aufgabe erfüllen und seinen vorgeschriebenen Weg laufen muß. Alle benötigten Einzelbelege wurden bisher fast ausschließlich manuell durch Vervielfältigung aus dem Fertigungsplan gewonnen.

Hier wird nun ein Arbeitsablauf beschrieben, der mit Hilfe des Siemens-Selex-Verfahrens die schematische Schreib- und Vervielfältigungsarbeit bei der Vorgabe von Werkstattaufträgen an die Teilefertigung durch ein vollmaschinelles System ersetzt. Dabei dienen die verwendeten Siemens-Lochstreifenkarten (LSK) als Belege und lassen sich zum Herstellen von weiteren Belegen verwenden (Bild 1).

Die Arbeit beginnt mit dem üblichen Entwurf eines handschriftlichen Fertigungsplanes (Bild 2). In der Siemens-Selex-Zentrale wird nun anhand dieses Planes auf einer Fernschreibmaschine, mit Hilfe eines Programmlochstreifens, der Fertigungsplan erstellt, der aber noch nicht die Einzelheiten für einen bestimmten Auftrag enthält.

Gleichzeitig wird für jeden Fertigungsplan eine sogenannte Alles-LSK vorbereitend hergestellt. Sie ermöglicht es später, die benötigten Begleitpapiere und Datenbelege vollautomatisch zu erzeugen.

Die Alles-LSK werden zweckmäßigerweise in Karteibreite gefaltet und in einer Kartei abgestellt. Sie sind für Wiederholungsaufträge immer wieder verwendbar. Neben den Angaben des Fertigungsplanes enthalten sie auch alle Kennungen, z. B. für das spätere Einschreiben der veränderbaren Daten.

Aus der Alles-LSK werden später Liefer-LSK, Werkzeug-LSK, Lohn-LSK usw. gewonnen. Sie werden so gestaltet, daß sie eine weitere maschinelle Verarbeitung (Lohn- und Materialverrechnung, Teiledisposition, Umwandlung in Lochkarten usw.) ermöglichen.

Zum Einleiten eines Arbeitsablaufes zieht man die Alles-LSK des betreffenden Bauteiles aus der Alles-LSK-Kartei, legt sie in den LSK-Sender der Zentrale (Bild 3) und betätigt eine Abruftaste. Nun wird die Alles-LSK automatisch gelesen und ihr Text, überwacht durch das Programm, auf dem Eingabe-Fernschreiber geschrieben und den angeschlossenen Empfängern, z. B. LSK-Locher E_1 bis E_3 , selektiert zugeleitet. An den dafür vorgesehenen Schreibfeldern wird der Ablauf unterbrochen, veranlaßt durch eine Kennung im Programm. Jetzt können die veränderlichen Auftragsdaten, Stück-

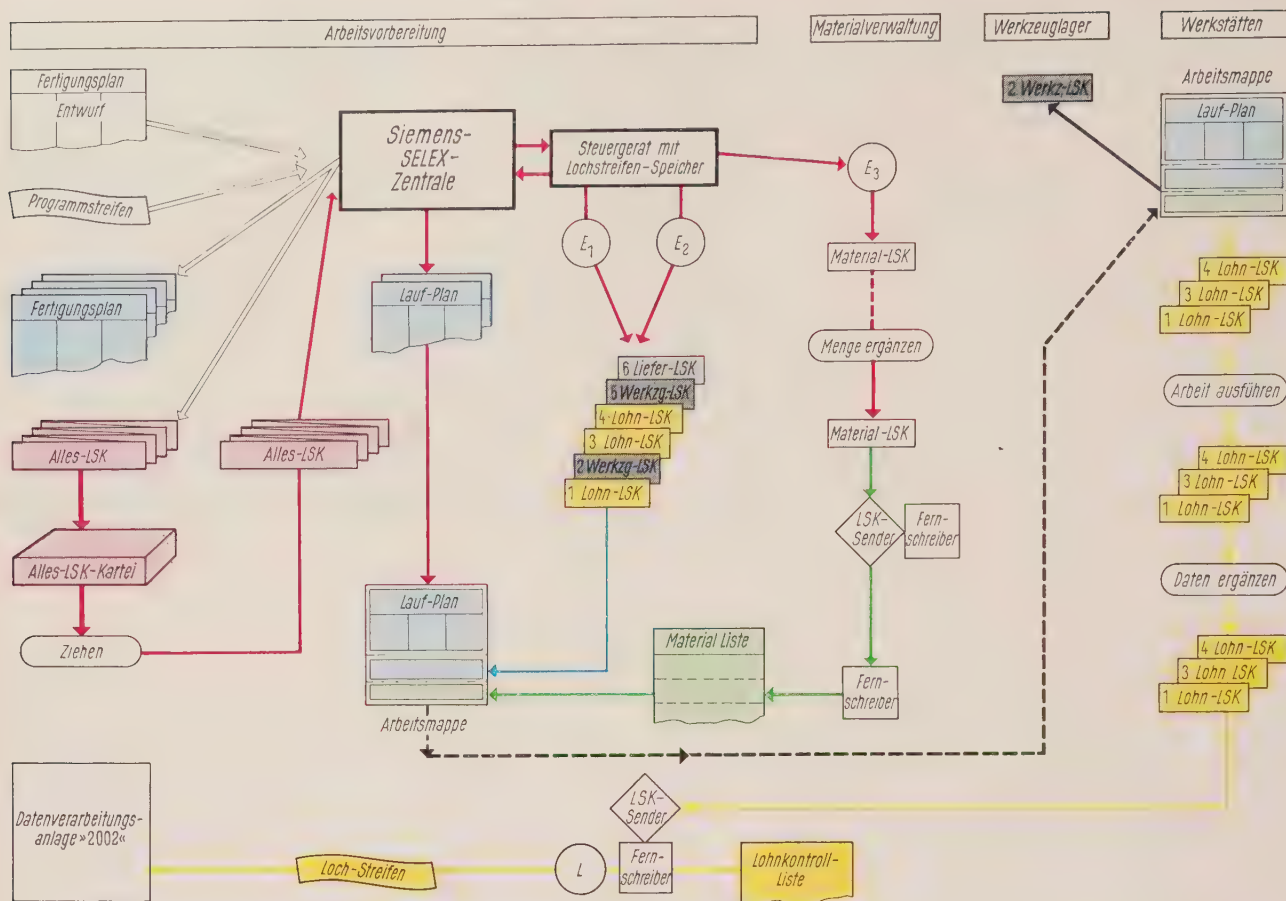


Bild 2 Schema einer Siemens-Selex-Anlage für die Arbeitsvorbereitung in der Teilefertigung (Einzelheiten des Arbeitsablaufs im Text)

zahlen und Termine von Hand in den Eingabe-Fernschreiber der Zentrale eingetastet werden. Nach dem Einschreiben ist wiederum die Abruftaste zu betätigen, damit der weitere Text der Alles-LSK selbsttätig abläuft. Das Steuergerät verteilt die einzelnen Begriffe entsprechend der Programmierung auf die angeschlossenen Empfänger. Kennungen werden auf den Empfängern normalerweise unterdrückt – mit Ausnahme derjenigen, die für die Weiterbearbeitung der Belege erforderlich sind. Ein weiterer Empfänger in der Zentrale ist als »Alles-Locher« geschaltet, d. h., er empfängt den gesamten Text und alle Kennungen.

Sollten Änderungen nötig sein, so kann man den Abruf an jeder beliebigen Stelle durch Drücken einer Taste in der Zentrale unterbrechen. Die Änderung läßt sich durch einfaches Eintasten der neuen Daten in die Eingabemaschine übernehmen, wobei die ursprünglichen Zeichen nicht ausgewertet werden. Anschließend wird durch Druck auf die Abruftaste der weitere automatische Abruf wieder eingeschaltet. Falls eine Änderung immer an derselben Stelle des Formulars erforderlich ist, kann der Haltbefehl programmiert werden.

Beim Durchlauf der Alles-LSK werden folgende Belege gewonnen:

- | | |
|---------------------------------|---|
| 1 Lauf-Plan für die Werkstätten | |
| 1 Durchschlag hierzu | zur Terminverfolgung und Belegung der Betriebsmittel |
| 1 Liefer-LSK | |
| x Werkzeug-LSK | x Anzahl, entsprechend den Arbeitspositionen des Fertigungsplanes |
| x Lohn-LSK | |
| 1 Material-LSK | |

Die nur für einen bestimmten Auftrag charakteristischen Daten werden nur einmal auf der Eingabemaschine geschrieben. Diese Daten werden jedoch für jeden maschinell zu verarbeitenden Beleg benötigt und müßten daher für jede LSK wiederholt werden. Im betrachteten Beispiel wurde hierfür eine Speichereinrichtung eingesetzt.

Mit Hilfe dieser Einrichtung ist es möglich, die Kopfdaten selbsttätig und beliebig oft zu wiederholen. An die Speichereinrichtung sind zwei LSK-Locher angeschlossen, die parallel und wechselseitig die Kopf- und Positionsdaten ausgeben.

In manchen Fällen ist es vorteilhaft, in allen an dem Ablauf beteiligten Werkstätten usw. einen Empfänger vor-

zusehen und somit die Datenträger an Ort und Stelle zu erzeugen. Die Entscheidung über die günstigste Anschaltung der Geräte – ob zentral oder verteilt – muß jedoch nach der räumlichen Lage und den organisatorischen Erfordernissen getroffen werden. Im hier behandelten Beispiel war die getrennte Aufstellung der Empfangsgeräte nicht zweckmäßig, und es bestand auch keine Notwendigkeit, die Arbeitsbelege vor Anlieferung der Bauteile an die Werkstätten zu verteilen.

Aus diesem Grund werden die Liefer-, Werkzeug- und Lohn-LSK für sämtliche Arbeitspositionen des Fertigungsplanes in der Zentrale der Arbeitsvorbereitung erzeugt. Sie werden gemeinsam mit dem Laufplan und den Zeichnungen in einer Arbeitsmappe zusammengefaßt. Nur die Daten für den Materialbezug werden unmittelbar auf einem in der Materialverwaltung aufgestellten Empfangslocher E_3 in Form von Material-LSK erzeugt.

Nun kann das Material bereitgestellt werden. Für die erforderliche Rückmeldung benutzt man die Material-LSK, in der die bereitgestellte Menge und der Abstellplatz von Hand eingeschrieben sind. Diese Materialdaten werden mit einem LSK-Sender weitergegeben, der ebenfalls in der Materialverwaltung aufgestellt ist; dabei werden die von Hand eingetragenen Daten über den mit dem LSK-Sender gekoppelten Blattschreiber eingetastet. In der Arbeitsvorbereitung werden diese Meldungen über das bereitgestellte Material mit einem Blattschreiber in Form einer Liste empfangen. Sie können als schmale Streifen abgetrennt und der betreffenden Arbeitsmappe beigelegt werden. Erst nach dieser Meldung wird in der Werkstatt mit der Arbeit begonnen. Zu diesem Zeitpunkt wird die Arbeitsmappe zusammen mit den Arbeitsstücken den Werkstätten angeliefert.

Ist die Arbeit in der ersten Werkstatt ausgeführt, so werden die Bauteile zusammen mit der Arbeitsmappe zur folgenden Werkstatt geliefert, die wiederum die sie betreffenden Arbeitsbelege der Mappe entnimmt, die Arbeit durchführt usw., bis zur letzten Werkstatt, die die Liefermeldung mit der Lieferung zusammen an das Fabrikatelager gibt. Von der letzten beteiligten Werkstatt wird die brauchbare Stückzahl eingetragen und über einen im Bild nicht eingezeichneten Fernschreiber an die Arbeitsvorbereitung zur Dispositionsrechnung zurückgemeldet.

Beim Durchlauf der Arbeit hatte jede Werkstatt die ihr zugeordneten Lohn-LSK der Arbeitsmappe entnommen. In diese wurden nach Ausführung der Arbeit handschriftlich die für die anschließende Lohnabrechnung erforderlichen Verbunddaten (Stammnummer des Belegschaftsmitgliedes, gefertigte Stücke, Arbeitsstunden u. a. m.) eingeschrieben.

Zur Rückmeldung werden die Lohn-LSK in einen mit einem Fernschreiber gekoppelten LSK-Sender gelegt, der die vorgelochten Daten der LSK maschinell über-



Bild 3 Siemens-Selelex-Zentrale mit Eingabe-Fernschreiber und LSK-Sender

trägt. Die Verbunddaten werden aus der Lohn-LSK abgelesen und über den Fernschreiber von Hand eingetastet. Hierbei entsteht auf diesem Fernschreiber eine Lohn-Kontrollliste und über einen gekoppelten Locher ein Lochstreifen. Nach einem visuellen Vergleich der eingetasteten Verbunddaten mit der betreffenden Lohn-LSK wird der Lochstreifen zur maschinellen Weiterverarbeitung freigegeben.

Soweit für diese Weiterverarbeitung normale Lochkartenmaschinen verwendet werden, wird der Lochstreifen über einen streifengesteuerten Kartenlocher in Lochkarten umgewandelt. Diese Notwendigkeit entfällt, wenn die Weiterverarbeitung z. B. über eine Datenverarbeitungsanlage »2002« durchgeführt wird. In diesem Fall kann der Lochstreifen unmittelbar als Eingabemedium verwendet werden.

Die Lohn-LSK kann auch noch anderen Zwecken dienen z. B. zum automatischen Herstellen von Terminlisten, Rückstandslisten usw., ohne daß es hierzu weiterer manueller Eingriffe bedarf.

Schrifttum

- Butzke, W. und Rötter, W.: Einsatz von Fernschreibern zur Rationalisierung in Betrieben. Siemens-Zeitschrift 33 (1959) 180 bis 183
 Römpf, E.: Neuzeitliche Mittel zur Steuerung eines Fertigungsablaufes. VDI-Zeitschrift 102 (1960) 1193 bis 1197
 Ulbricht, H. W.: Automatische Beleg-Erstellung. Bürotechnik und Automation (Sonderausgabe 1959) 21 bis 25
 Hildinger, E.: Das Selelex-System. VDI-Zeitschrift 102 (1960) 409 bis 413

2 3/4 Millionen EMD-Fernsprechanschlüsse

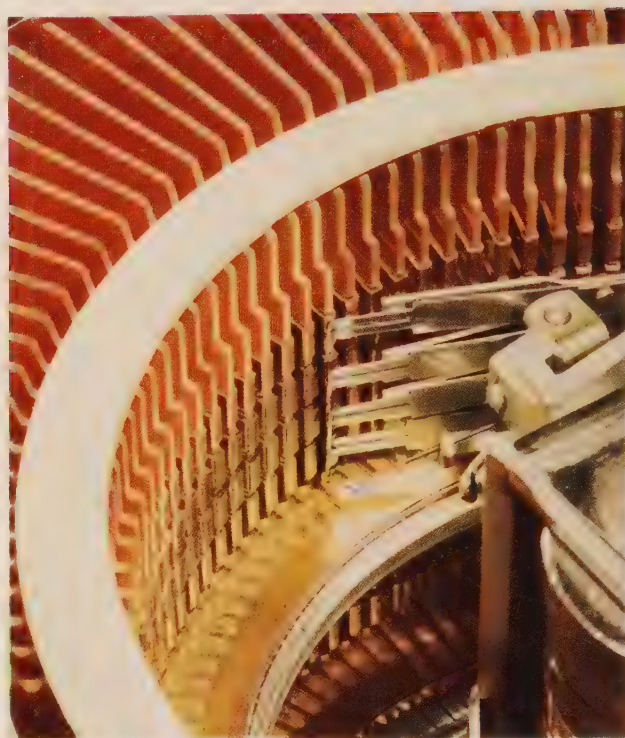
VON KONRAD ROHDE

Für die künftige Fernsprech-Vermittlungstechnik werden von der »Elektronik« viele neue Möglichkeiten erwartet. Aber die Verantwortlichen, denen es obliegt, die Kapazität der Fernsprechnetze dem immer schneller zunehmenden Bedarf an Sprechverbindungen anzupassen, können auf künftige technische Möglichkeiten nicht warten. Sie müssen Tag um Tag Tausende von Fernsprechanschlüssen neu einrichten und dazu die Vermittlungsanlagen für Orts- und Fernverbindungen bereitstellen; sie geben Tag um Tag Millionen-Beträge hierfür aus, und Tag um Tag sehen sie sich vor die Frage gestellt: Welche heute verfügbaren Vermittlungseinrichtungen rechtfertigen diesen Einsatz?

Wie die Verantwortlichen entscheiden, zeigen Vertriebsstatistiken für die Fernsprech-Wählsysteme, die sich auf dem Weltmarkt seit etwa einem Jahrzehnt in unmittelbarem Wettbewerb befinden. Hierbei steht die Technik mit Edelmetall-Motor-Drehwählern (EMD) an führender Stelle. Bis Ende März 1961 sind EMD-Vermittlungseinrichtungen mit 2,76 Millionen Fernsprechanschlüssen von Fernsprechverwaltungen, Behörden und Industrieunternehmen in allen Teilen der Welt in Betrieb genommen und in Auftrag gegeben worden.

Diesen Erfolg verdankt die EMD-Technik ihrer Betriebssicherheit und ihrer Anpassungsfähigkeit. Da jede neue Fernsprechanlage – als Teil eines weltumspannenden Fernsprechnetzes – nicht nur die gegenwärtige Struktur dieses Netzes, sondern auch dessen künftige Entwicklungsmöglichkeiten beeinflusst, haben Betriebssicherheit und Anpassungsfähigkeit entscheidende Bedeutung bei der Auswahl neuer Fernsprechanlagen.

Für die Betriebssicherheit eines Fernsprech-Vermittlungssystems spricht einerseits die Anzahl der in dieser Technik gelieferten Fernsprechanschlüsse; andererseits geben Erfahrungszahlen Auskunft, die von den Verwaltungen über den Wartungsaufwand für ihre Fernsprechanlagen mitgeteilt werden. Eine der günstigsten Zahlen wurde über die EMD-Technik veröffentlicht: Die Deutsche Bundespost gibt als Richtzahl 0,37 Stunden je Jahr und Teilnehmeranschluß als Wartungsaufwand für EMD-Ortsämter an [1]. Für andere neuzeitliche Fernsprechsysteme sind Zahlen von 0,4 bis



Blick in die Kontaktbank des EMD-Wählers

1 Stunde je Jahr und Teilnehmeranschluß aus dem Schrifttum bekannt geworden [2, 3, 4, 5]. Der außerordentlich niedrige Wartungsaufwand für die EMD-Technik ergibt sich u. a. daraus, daß alle Kontakte in den Sprechadern mit Silber-Palladium ausgeführt sind und daß durch das lötfreie EMD-Wähler-Vielfach in jeder Vermittlung Tausende von Lötstellen eingespart werden.

Die Anpassungsfähigkeit eines Fernsprech-Vermittlungssystems kennzeichnet in besonderem Maße dessen Einfluß auf die gegenwärtige Struktur der Vermittlungsnetze und auf deren künftige Entwicklungsmöglichkeiten. Vermittlungssysteme, die sich jeder heute in Vermittlungsanlagen auftretenden Arbeitsweise zwanglos angleichen lassen und die der künftigen Entwicklung der Fernsprechnetze jede wünschenswerte Freiheit geben, müssen die laufenden Investitionen im Welt-Fernsprechnet – täglich für etwa 20000 neue Fernsprechanschlüsse – am besten rechtfertigen.

Beide Kriterien der Anpassungsfähigkeit – die Angleichbarkeit an die Arbeitsweisen vorhandener Vermittlungsanlagen und die Vermeidbarkeit von Einschränkungen für die künftige Entwicklung der Fernsprechnetze – verlangen ein Vermittlungssystem, das einseitig spezialisierte Funktionsmerkmale möglichst weitgehend vermeidet. In der Fachsprache der Vermittlungstechnik heißt das u. a., daß das beste System weder einseitig auf direkte noch auf indirekte Steuerung festgelegt sein darf, weder auf Gruppierungen mit Link-Anordnungen noch auf ausschließlich einstufige Gruppierungen, weder auf

bestimmte Verkehrsdichten noch auf bestimmte Teilnehmerzahlen, weder auf bestimmte Codierungs- noch auf bestimmte Speicherverfahren, weder auf besondere Numerierungsvorschriften noch auf irgendwelche Begrenzung in der Anzahl der wählbaren Ziffern.

In bezug auf Angleichbarkeit bietet die EMD-Technik alle nur denkbaren Möglichkeiten. Zahlreiche Varianten für Einsatzbedingungen in vielen Ländern der Welt beweisen dies [6, 7, 8]. Vermittlungseinrichtungen mit EMD-Wählern können in normaler Ausführung direkt oder indirekt gesteuert, einstufig oder mehrstufig – also auch in Link-Anordnungen – betrieben und auf alle interessierenden Verkehrsdichten und Teilnehmerzahlen abgestimmt werden; sie erfordern auch keine besonderen Numerierungsvorschriften, wie etwa eine Begrenzung in der Anzahl der wählbaren Ziffern. Für alle diese hier nur auszugsweise erwähnten Funktionsmerkmale gibt es Ausführungsbeispiele in Orts- oder Fernwähllämtern, in denen sich die EMD-Technik hervorragend bewährt hat.

Für den Einfluß eines Vermittlungssystems auf die künftige Entwicklung der Fernsprechnetze sind vor allem die Anpassungsfähigkeit an Verkehrsdichte und Teilnehmerzahl sowie die Freizügigkeit in der Anzahl der wählbaren Ziffern wesentlich [9]. Alle anderen Funktionsmerkmale gegenwärtig verfügbarer Vermittlungssysteme treten hiergegen zurück, denn sie werden sich bei halb- oder vollelektronischen Vermittlungssystemen ohnehin grundlegend ändern.

Die EMD-Technik läßt sich ohne Eingriffe in Schaltungs- und Steuereinrichtungen an beliebige Verkehrsdichten und Teilnehmerzahlen anpassen. Vor allem aber unterliegt die Anzahl der Wählziffern keinerlei Beschränkung: Die EMD-Technik arbeitet nach dem Prinzip »unbegrenzt erweiterbare Numerierung«.

Gegen das Prinzip »unbegrenzt erweiterbare Numerierung« erheben manche Fachleute Einwände. Sie weisen auf seit jeher im Vordergrund stehende Funktionsmerkmale von indirekt gesteuerten Wählsystemen – das sind Wählsysteme mit Registern und Markierern – hin. Hauptargumente sind, daß Speicher und Register dieser Systeme grundsätzlich nicht mit unbegrenzter Nummernkapazität ausführbar sind und daß bei genügend weit vorausüberlegter Planung eine feste obere Grenze für die Anzahl der Wählziffern angegeben werden könne, die zu überschreiten gegenwärtig unrealistisch sei.

Das erste Argument – der Hinweis auf die Nummernkapazität von Speicher und Register – ist nicht entscheidend. Wählsysteme mit unbegrenzt erweiterbarer Anzahl der wählbaren Ziffern sind heute technisch realisierbar z. B. durch Anwendung von zyklisch arbeitenden Speichern [10, 11]. Diese Methode wird im EMD-System bei indirekter Steuerung grundsätzlich ange-

wendet; bei direkter Steuerung läßt es, wie jedes andere direkt gesteuerte System, von vornherein eine unbegrenzte Erweiterung der wählbaren Ziffern zu.

Gründe gegen das letztgenannte Argument sind kürzlich in dieser Zeitschrift zusammen mit dem Problem »Durchwahl« erörtert worden [12]. Wenn etwa das Numerierungssystem eines Landes – wegen vorhandener Register – auf maximal 10 oder 12 Ziffern festgelegt werden müßte, so ist leicht einzusehen, daß ein System mit unbegrenzt erweiterbarer Anzahl der wählbaren Ziffern (bei gleichen Aufwendungen) vorteilhafter ist. Dies um so mehr im Hinblick auf die Ausdehnung der Teilnehmerfernwahl auf internationale und überkontinentale Beziehungen!

Das Anwachsen der Fernsprechan Schlüsse in der Welt und die steigenden Anforderungen, die sich für die organisatorische Gliederung dieser Anschlüsse aus der zunehmenden Differenzierung neuzeitlicher Wirtschaftsstrukturen entwickeln, lassen sich heute auf mehr als ein Jahrzehnt im voraus kaum mit einiger Sicherheit überblicken. Allein deshalb sollte man es vermeiden, heute noch neue Systeme mit fest begrenzter Anzahl der wählbaren Ziffern zu schaffen. Für vollelektronische Wählsysteme entstehen dadurch überhaupt keine Probleme; bei halbelektronischen Systemen erzielt man geeignete Lösungen durch schnelle Koppelfelder mit Schaltzeiten von weniger als 5 ms [13, 14].

Alle Ausführungen der EMD-Technik tragen dieser Lage bereits jetzt Rechnung. Die EMD-Technik bietet also alle Freiheitsgrade, die bei den laufenden Investitionen für Vermittlungsanlagen im Hinblick auf die künftige Entwicklung gefordert werden müssen. Millionen Fernsprechan Schlüsse in EMD-Technik beweisen dies.

Schrifttum

- [1] Müller, H.: Bewertung vermittlungstechnischer Anlagen durch Gütemerkmale. Nachrichtentechnische Zeitschrift **13** (1960) 266 bis 270
- [2] Ahn, H.: Instandhaltung und Betriebsbeobachtung in der Netzgruppe Aarhus. Ericsson Review **34** (1957) 2 bis 8
- [3] Cronsten, G.: Maintenance of Unattended Automatic Telephone Exchanges. Tele (1957) No. 2, 22 bis 31
- [4] Telefonaktiebolaget L. M. Ericsson: Automatic Telephone Exchanges with Crossbar Switches. Stockholm 1958, Book B 10247
- [5] Lucantonio, F.: Entwicklungsrichtungen neuzeitlicher Vermittlungssysteme. Frequenz **9** (1955) 339 bis 351
- [6] Abart, J.: Das Wählsystem 55. Nachrichtentechnische Zeitschrift **10** (1957) 439 bis 449
- [7] Laas, K. und Meigel, H.: EMD-Wähler-Technik in den USA. Siemens-Zeitschrift **32** (1958) 832 bis 837
- [8] Etzel, F.: Wählsystem und Freizügigkeit. Nachrichtentechnische Zeitschrift **9** (1956) 253 bis 260
- [9] Töpfer, H. und Brandstetter, A.: Der EMD-Wähler in Fernsprechvermittlungen. Siemens-Zeitschrift **34** (1960) 169 bis 172
- [10] Töpfer, H. und Laas, K.: Ein EMD-Orts-Wählsystem mit individuellen Durchlaufspeichern. Siemens-Zeitschrift **32** (1958) 178 bis 181
- [11] Franzen, J.-F. und Vogel, H.: Der Siemens-Impulswiederholer. Siemens-Zeitschrift **32** (1958) 504 bis 507
- [12] Töpfer, H. und Rohde, K.: Durchwahl bis zur Nebenstelle – ein Problem für öffentliche Fernsprechanlagen? Siemens-Zeitschrift **34** (1960) 745 bis 751
- [13] Panzerbieter, H.: Ein Beitrag zur künftigen Entwicklung der Vermittlungstechnik. Jahrbuch des elektr. Fernmeldewesens **10** (1958) 73 bis 108. Verlag Heidecker, Windheim (1959)
- [14] Panzerbieter, H.: Elektronische Vermittlungstechnik. ETZ-A **81** (1960) 881 bis 889

Bild 1 Bedienungstische einer großen Wahl-Nebenstellenanlage



Neuzeitliche Fernsprech-Nebenstellentechnik

VON HANS HOBELSBERGER

Ein bedeutender Anteil am Fernsprechwesen fällt der Nebenstellentechnik zu: In der Bundesrepublik Deutschland sind fast 50% der insgesamt 6 Millionen Sprechstellen an Nebenstellenanlagen angeschlossen. In allen Sparten – sei es in der Industrie, im Handel, bei Behörden oder im freischaffenden Gewerbe – wurden Nebenstellen-Einrichtungen längst vom technischen Gerät zu Gebrauchsartikeln des täglichen Bedarfs, ohne die ein rationeller Arbeitsablauf nicht mehr denkbar ist.

Neue Konstruktionsgrundsätze und Fortschritte auf dem Gebiet der Technologie, neuartige Funktionen – die zum Teil aus Forderungen des Kunden entstanden – sowie das Formempfinden unserer Zeit haben Technik und Gesicht der Fernsprech-Nebenstellenanlagen in den letzten Jahren gewandelt (Bild 1).

Entscheidend und richtungsweisend war in dieser Beziehung die Einführung der Edelmetall-Kontaktgabe im gesamten Sprechweg, also von Fernsprecher zu Fernsprecher. In diesem Sinne wird Silber erst durch Hinzulegieren von Metallen der Platingruppe zu einem Kontaktmaterial, das den für die Durchschaltung in Sprechwegen geforderten Bedingungen am besten entspricht [1]. In den Zentralen verbinden daher Schalteinrichtungen mit Silber-Palladium-Kontakten – Edel-

metall-Motor-Drehwähler (EMD) und Edelmetall-Schnellrelais-Koppelfelder (ESK) – die Teilnehmer miteinander [2, 3]. Die außergewöhnliche Betriebssicherheit der Schaltmittel bietet ein Höchstmaß an Anpassungsfähigkeit und Übertragungsgüte.

EMD-Wähler und ESK-Relais sind die Grundlage für die Vertriebserfolge, die mit der Siemens-Nebenstellentechnik erzielt worden sind. Diese Technik ist das Ergebnis umfangreicher Forschungs- und Entwicklungsarbeit, sie setzt beim Ingenieur zuerst eine »Übersicht über das Ganze« voraus, will er eine Technik beherrschen, zu deren Aufgaben es gehört, vielfältige Steuerfunktionen über größere Entfernungen hinweg ebenso sicher wie innerhalb kleinster Bereiche wirken zu lassen.

Hand in Hand mit der technischen Weiterentwicklung geht das Bemühen der Formgeber und Konstrukteure um eine zeitgerechte Form und Farbe vor allem jener Fernsprecheinrichtungen, die der Teilnehmer täglich vor Augen hat. Neue Werkstoffe und Bedienteile führten zu Fernsprechern und Geräten mit einem sehr ansprechenden Äußeren und einem übersichtlichen Aufbau [4].

Die fortschreitende Automatisierung der Nebenstellenanlagen befreit die Telefonistin weitgehend

von ermüdender Routinearbeit. Ihre Tätigkeit ist die Visitenkarte des Unternehmens nach außen hin – gute fernsprechtechnische Einrichtungen gehören daher zum Kundendienst. Besonders schnell und in der Reihenfolge ihres Eintreffens werden in Nebenstellen-Großanlagen die Anrufe mit Hilfe der automatischen Anrufverteilung entgegengenommen [5]. So können alle Vermittlungsplätze gleichmäßig ausgelastet und ihre Besetzung der jeweiligen Verkehrsdichte angepaßt werden. Eine erhebliche Zeit- und Gebühreneinsparung sowie eine wesentliche Entlastung der Vermittlungspersonen ist der in Großanlagen immer häufiger anzutreffenden Durchwahltechnik zu verdanken [6, 7]. Der Anrufende verbindet sich mit dem von ihm gewünschten Teilnehmer unmittelbar.

Besondere Bedeutung erlangte mit dem Selbstwählferndienst und der damit verbundenen teilweisen oder sogar völligen Freigabe der Fernwahl die Gebührenerfassung. Heute gibt es für jede Anlagengröße mannigfache Lösungen – von der kleinen Gebührenzähluhr bis zur vollautomatischen Einrichtung [8, 9]. Da in Großbetrieben die Buchungsvorgänge ohnehin meistens mit Hilfe von Datenverarbeitungsanlagen erledigt werden, bedient man sich dieser Maschinen auch zur automatischen Verrechnung der Fernsprechgebühren. Die jeweilige Nebenstelle wird teilelektronisch identifiziert [10]; Gebührenlocher und -drucker liefern die Belege [11].

Dem Wunsch des Teilnehmers nach einer möglichst einfachen Bedienungsweise kommt ein weites Spektrum fernsprechtechnischer Geräte und Einrichtungen entgegen. Mit dem NAMENTASTER* können häufig benutzte Anrufnummern durch einfachen Tastendruck gewählt werden (Bild 2) [12]. Ein Anrufwiederholer übernimmt den wiederholten Aufbau einer Verbindung, wenn der gewünschte Teilnehmer besetzt ist [13]. Vorzimmeranlagen entlasten den Chef [14], und Lautfernsprecher ermöglichen die bequemste Art des Telefonierens: ohne Handapparat über Mikrofon und Lautsprecher [15].

Trotz aller bisherigen »Perfektionierung« der Nebenstellentechnik sei abschließend die Frage gestellt: Welche neuen Wege können künftig noch beschritten werden?

Nach dem heutigen Stand der Technik ist im Bedienungskomfort ein Höchstmaß erreicht; hervorragend ist auch die Übertragungsgüte. Die Geschwindigkeit des Verbindungsaufbaues ließe sich nur noch um Millisekunden erhöhen, die aber keinen entscheidenden Gewinn bedeuten im Vergleich zur Dauer des Rufes bis zum Melden des Teilnehmers.

In diesem Zusammenhang verweist man heute sehr häufig auf die Elektronik. Ein Blick auf die in aller Welt laufenden Entwicklungen zeigt aber, daß sich die elektronische Vermittlungstechnik noch immer auf Versuche beschränkt. Die derzeit bekannten Lösungen lassen keine endgültigen Schlüsse auf Möglichkeiten und



Bild 2 Schnellwähltastatur und NAMENTASTER erleichtern der Telefonistin die Arbeit

Grenzen zu. Vielmehr zeigen vergleichende Untersuchungen, daß für sehr viele Jahre an eine Ablösung der jetzigen Nebenstellentechnik mit den bewährten Schaltungsmitteln, besonders mit EMD und ESK, durch elektronische Anlagen sowohl aus technischen als auch aus wirtschaftlichen Gründen nicht gedacht werden kann.

Schrifttum

- [1] Keil, A. und Meyer, C.-L.: Kontaktwerkstoffe in der Fernmeldetechnik. Beitrag zu: Althaus, W.: Grundlagen der Fernmeldetechnik. R. v. Decker's Verlag, G. Schenck. Hamburg, Berlin, Bonn (1961) 303 bis 305
- [2] Grohmann, W.: Große Wähl-Nebenstellenanlagen mit EMD-Wählern. Siemens-Zeitschrift 29 (1955) 85 bis 87
- [3] Kraust, R. und Strobelt, W.: Mittlere Wähl-Nebenstellenanlagen mit Edelmetall-Schnellrelais-Koppelfeld. Siemens-Zeitschrift 31 (1957) 180 bis 184
- [4] Paul, W.: Der Siemens-Fernsprecher – gestern und heute. Siemens-Zeitschrift 34 (1960) 40 bis 45
- [5] Behlendorf, E. und Kappl, F.: Anrufverteilung in großen Wähl-Nebenstellenanlagen. Siemens-Zeitschrift 33 (1959) 763 bis 766
- [6] Maus, H.: Die neue EMD-Wähler-Fernsprechzentrale der Stadt Augsburg. Siemens-Zeitschrift 30 (1956) 590 bis 597
- [7] Merkle, E. und Wagner, Ph.: Durchwahl in Fernsprech-Nebenstellenanlagen. Der Städtetag (1960) 39 bis 43
- [8] Fath, W., Figur, S. und Kurz, W.: Die Technik der Gebührenerfassung in Fernsprech-Nebenstellenanlagen. Siemens-Zeitschrift 32 (1958) 194 bis 197
- [9] Kurz, W.: Die Technik der automatischen Gebührenerfassung in großen Wähl-Nebenstellenanlagen. Siemens-Zeitschrift 34 (1960) 176 bis 178
- [10] Fischer, K.: Eine teilelektronische Identifiziereinrichtung für die Gebührenerfassung in großen Wähl-Nebenstellenanlagen. Siemens-Zeitschrift 34 (1960) 146 bis 150
- [11] Ventz, J.: Automatische Gebührenabrechnung in großen Wähl-Nebenstellenanlagen. Siemens-Zeitschrift 34 (1960) 178 bis 180
- [12] Mai, W.: NAMENTASTER und Anrufwiederholer für Fernsprechstellen. Siemens-Zeitschrift 28 (1954) 224 bis 228
- [13] Behlendorf, E. und Tintrup, J.: Selbsttätige Anrufwiederholer und ihr Einfluß auf den Fernsprechverkehr. Siemens-Zeitschrift 32 (1958) 35 bis 39
- [14] Käufer, K.: Chef-Sekretär-Fernsprechanlage mit zwei über beide Fernsprecher geführten Anschlußleitungen. Siemens-Zeitschrift 30 (1956) 170 bis 171
- [15] Jordan, G. und Guntersdorfer, S.: Lautfernsprecher SILAFON mit Transistorverstärker. Siemens-Zeitschrift 34 (1960) 751 bis 753

* Eingetragenes Warenzeichen

Verkehrs- und Betriebsbeobachtung in Fernsprech-Wählanlagen

VON PAUL GONSCHIOR UND FRANZ SCHWUB

Jede Fernsprechverwaltung möchte ihren Teilnehmern Vermittlungseinrichtungen und Netze zur Verfügung stellen, die möglichst frei von Betriebsstörungen und Verkehrshemmungen (Verluste, Wartezeiten) arbeiten. Verkehrs- und Betriebsbeobachtungen geben ein objektives Bild darüber, ob den Teilnehmern das gewünschte Maß an zustande kommenden Verbindungen geboten wird, also die Wählanlagen wirtschaftlich ausgenutzt werden, und ob die Verbindungen den qualitativen Anforderungen entsprechen.

Anhand der Messungen erhält man ein Bild darüber, ob zusätzliche Schalteinrichtungen oder neue Verbindungswege vorgesehen werden müssen; außerdem ist zu erkennen, ob die Wartung der Fernsprechanlagen allgemein oder an bestimmten Stellen zu verbessern ist; die anfallenden Statistiken liefern wertvolle Hinweise für weitere Entwicklungen – ebenso die Kenntnis der Zeitintervalle zwischen den Schaltsignalen, die während des Auf- und Abbaues von Wahlverbindungen entstehen.

Die Verkehrs- und Betriebsbeobachtung dient damit der Rationalisierung im Fernspreverkehr; dementsprechend soll sie selbst mit möglichst wenig Fachpersonal und Materialaufwand durchführbar sein. Aus diesem Grunde richtet man zentrale Auswertestellen mit weitgehender Automatisierung ein, die die Belastung einer Fernsprechanlage feststellen, die ermittelten Verkehrswerte selbsttätig registrieren und diese zur weiteren Auswertung über Lochgeräte an die Rechenmaschinen einer Datenverarbeitungsanlage weiterleiten.

Als günstigste Beobachtungszeit eignet sich die Hauptverkehrszeit. Unter normalen Bedingungen lassen sich die Messungen auf Stichproben beschränken.

Verkehrsmessungen

Die Verkehrsdichte in den einzelnen Wahlstufen einer Fernsprechanlage wird mit Hilfe der Verkehrs-Meßeinrichtung (VME) ermittelt (Bild 1). Einheit der Verkehrsdichte ist 1 Erlang = 1 Belegungsstunde je Be-

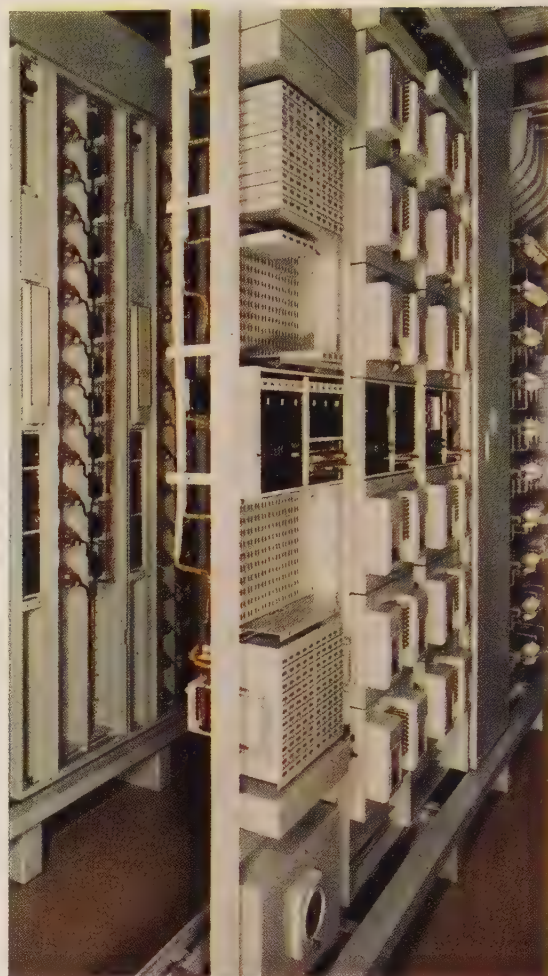


Bild 1 Verkehrs-Meßeinrichtung mit 24 Erlangmetern sowie Durchdreh- und Gefahrzeitzählern

obachtungsstunde. Die Verkehrs-Meßeinrichtung arbeitet mit einer zentralen Auswertestelle zusammen. Über eine Bündelinstellübertragung werden die zu messenden Leitungsbündel an die Erlangmeter geschaltet. Die mit Hilfe der Erlangmeter gewonnenen Meßwerte werden automatisch von einem Registriergerät festgehalten. Auf diese Weise lassen sich die Messungen ständig kontrollieren (Bild 2).

Für eine Fernübertragung der Meßwerte haben die Erlangmeter einen Kontakt, der jeweils bei einer bestimmten Verkehrsmenge einen Impuls gibt. Die Impulse mehrerer Erlangmeter werden über einen einzigen Kanal übertragen, und zwar denselben, der für die Bündelinstellung gedient hat. Ein Fernschreiber in der zentralen Auswertestelle hält die viertelstündliche Summe der Impulse mit den entsprechenden Kenndaten, wie Tag und Uhrzeit, fest. Hier lassen sich die stetig eintreffenden Meßwerte kontrollieren und gegebenenfalls auswerten. Der zunehmende Anfall von Daten wird künftig eine noch weitergehende Rationalisierung der Verarbeitung nahelegen. So können mit Hilfe von Streifenlochern

und automatischen Rechnern, wie z. B. der Siemens-Datenverarbeitungsanlage »2002«, die Meßergebnisse ausgewertet werden.

Auf diese Weise läßt sich ein Fernsprech-Wählamt in bestimmten Abständen – etwa jährlich – durchmessen. Um auch in der Zwischenzeit von der Auslastung des Netzes unterrichtet zu sein, schaltet man Gefahrzeit- und Durchdrehzähler an. Diese zeigen an, wie häufig alle erreichbaren Verbindungswege besetzt waren. Es genügt, die Zähler in größeren Abständen abzulesen, um zu erkennen, ob die zulässigen Grenzwerte eingehalten oder überschritten werden. Gegebenenfalls sind außerplanmäßige Verkehrsdichte-Messungen nötig.

Die erwähnten Verkehrsmeßgeräte sind in Fernsprech-Wahlämtern im allgemeinen in Gestellrahmen untergebracht. In kleinen, unbeaufsichtigten Ämtern verwendet man Erlangmeter und Meßwert-Übertragungen in Form tragbarer Koffergeräte. Diese lassen sich mit wenigen Handgriffen über Steckverbindungen an besondere Anschaltesschienen anschließen. Verkehrs-Meßeinrichtungen sind grundsätzlich auch für große Wähl-Nebenstellenanlagen zu empfehlen, denn jede Verwaltung eines Fernsprechnetzes möchte erreichen, daß insbesondere Fernwählverbindungen ohne Verkehrshemmungen bis zum Nebenstellenteilnehmer durchgeschaltet werden.

Zielfaktor- und Verkehrsablaufmessungen

Im Selbstwählferndienst ist es z. B. oft wichtig, den Verkehr zwischen zwei bestimmten Knotenpunkten zu kennen. Denn danach läßt sich beurteilen, ob in einem Wählnetz neue Verbindungswege einzurichten oder welche der bereits bestehenden Verbindungswege zu verstärken sind.

Eine Zielfaktor- und Verkehrsablauf-Meßeinrichtung (ZME) ermittelt anhand der Wählinformation die Aufgliederung einer Verkehrsmenge nach ihren Zielen. Die Maßeinrichtung (Bild 3) stellt z. B. fest, wie häufig in einer Menge von Kennzahlen eine bestimmte Kennzahl vorkommt. Das Verhältnis dieser beiden Werte ergibt den Zielfaktor. Wenn man den mit Erlangmetern meßbaren abgehenden Gesamtverkehr kennt und ihn mit dem Zielfaktor multipliziert, erhält man den annähernden Verkehrsanteil zum Zielamt.

Mit Hilfe eines Zusatzgerätes zur Zielfaktor- und Verkehrsablauf-Meßeinrichtung läßt sich je Richtung die

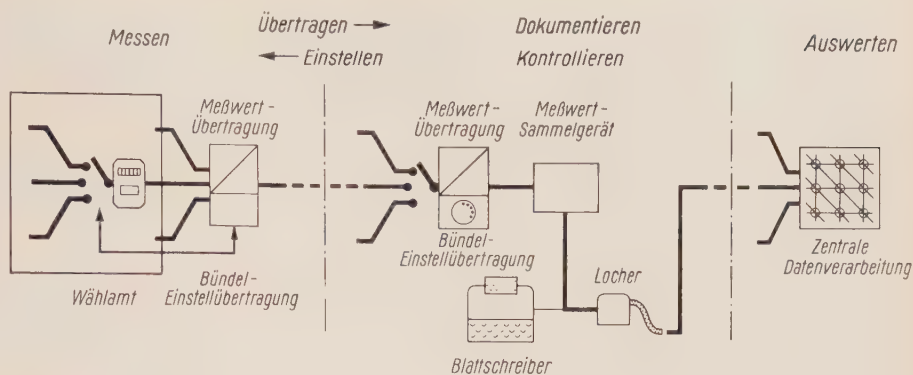


Bild 2 Ablauf einer Verkehrsmessung vom Anschalten an das Meßobjekt im Wählamt bis zum Auswerten durch eine zentrale Datenverarbeitungsanlage

Summe der Belegungsdauern und hieraus auch die mittlere Belegungsdauer bestimmen. Wird die Messung so lange durchgeführt, bis die Summe der Belegungsdauern für alle Richtungen dem Verkehrswert des Zubringerbündels in der Hauptverkehrsstunde entspricht, so lassen sich unter Berücksichtigung der bei

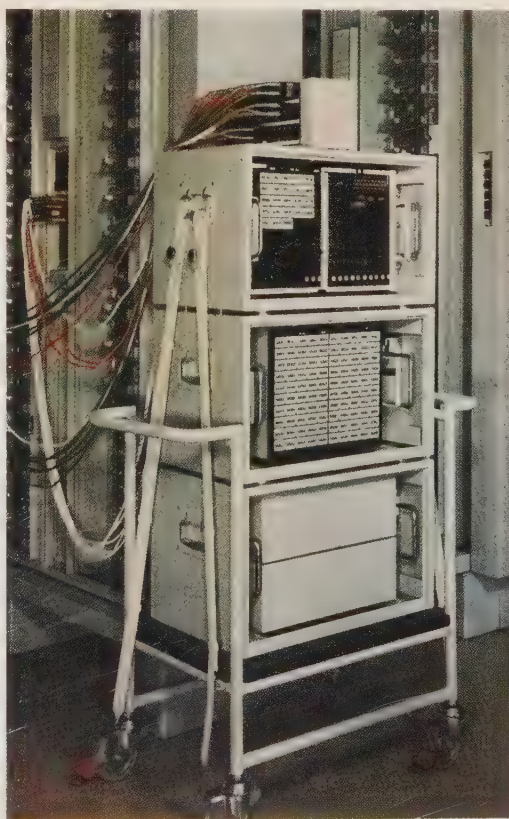


Bild 3 Zielfaktor- und Verkehrsablauf-Meßeinrichtung mit Signal- und Bedienungsfeld, Zählerfeld, Koppelvorsatz und Zielfaktor-Relaissatz (von oben nach unten)

Stichproben üblichen Gesichtspunkte die Verkehrsanteile je Richtung unmittelbar am Meßgerät ablesen. Mit dem gleichen Zusatzgerät können auch die reinen Gesprächsdauern ermittelt werden. Dies ist wichtig, wenn bestimmte Maßnahmen mit gebührentechnischen Fragen zusammenhängen.

Mit weiteren Zusatzgeräten zur Zielfaktor- und Verkehrsablauf-Meßeinrichtung werden, gemeinsam oder nach Richtungen getrennt, die Zeitintervalle festgestellt, die beim Auf- und Abbau von Verbindungen entstehen. Hierzu gehören z. B. Wählpausen und Meldedauern sowie deren Begrenzungskriterien, wie Besetztton, Wählende- und Beginnzeichen. Die erwähnten Zeiten hängen mit dem Verlauf des Verbindungsaufbaues zusammen. Ihre Kenntnis ist wichtig, da von ihnen die Belegungsdauer von Steuereinrichtungen abhängen kann, so daß sich deren Schaltgeschwindigkeiten danach zu richten haben. Die gleiche Einrichtung ermittelt auch den Prozentsatz der Besetztfälle für die Verbindungen zu den Anschlüssen eines Teilnehmerhunderts.

Betriebsgütemessungen

Die Betriebsgüte-Meßeinrichtung (BME) dient dazu, das Zusammenspiel aller Schalteinrichtungen innerhalb der gesamten Fernsprechanlage zu beobachten (Bild 4). Sie wird über den Hauptverteiler an mehrere Schalteinrichtungen angeschlossen; auch die Teilnehmeranschlußleitungen und -fernsprecher lassen sich in die Messung einbeziehen.

Nicht selten betrachtet man als Maß für die Güte einer Fernsprechanlage die Eintragungen im Störungsbuch. Dabei werden für einen bestimmten Zeitraum die Fehler addiert und der Anzahl der angeschlossenen Teilnehmer

gegenübergestellt: Fehler je 100 Anschlußeinheiten. Diese Angabe enthält aber weder die Anzahl der Gespräche noch die Ausdehnung einer Anlage noch einen Hinweis über die Fehlerauswirkung auf den Betrieb – ist also für objektive Vergleiche wenig geeignet. Um Zahlenmaterial für den Vergleich von Wählanlagen zu bekommen, wurden von der Nachrichtentechnischen Gesellschaft (NTG) Güte Merkmale definiert und Formeln für eine Bewertung von Wählanlagen empfohlen. Exakt läßt sich die Betriebsgüte mit Gütemeßgeräten ermitteln. Mit ihrer Hilfe werden Probeverbindungen automatisch hergestellt und Betriebsbeobachtungen durchgeführt.

Damit die Meßreihen zu Ergebnissen mit genügend großer statistischer Sicherheit führen, schaltet man die Meßeinrichtung an mehreren Punkten eines Fernsprechamtes an und führt möglichst viele Probeverbindungen durch. Die Messungen laufen sehr schnell automatisch ab. Man kann die Einrichtung auch zur Fehlersuche verwenden. Dabei werden u. a. Fehler gefunden, die nur innerhalb eines Verbindungszuges erkennbar sind, wie mangelhafte Verdrahtung, hohe Dämpfung oder Geräuschspannung im Übertragungsweg, falsche oder keine Zählung. Alle Störungen werden nach ihrer Art getrennt auf Zählern erfaßt, ebenso die Anzahl der Probeverbindungen.

Betriebsbeobachtungen berücksichtigen auch den Verlauf des Verbindungsaufbaues. Die Meßeinrichtungen werden zweckmäßigerweise am Entstehungsort der Belegungen angeschlossen. Damit ein möglichst großer Querschnitt zustande kommt, sollten z. B. wenigstens 50 Teilnehmerschaltungen erfaßt werden. Bei Anschaltung an die I. Gruppenwahlstufe genügen 20 Eingänge.

Den Fernwählbetrieb beobachtet man an entsprechenden Schalteinrichtungen. Solche Messungen lassen sich von zentraler Stelle aus für mehrere Anlagen gemeinsam durchführen.

Für die Auswertung der Ergebnisse haben sich automatische Geräte, wie Streifenlocher oder Lochkartenmaschinen, bewährt; für die sofortige Anzeige können Zähler vorgesehen werden. Sie lassen die Häufigkeit bestimmter Störungen erkennen und dienen zum Berechnen des Hemm- und Störkoeffizienten.

Betriebsgüte-Meßeinrichtungen ermöglichen es somit, die Wirksamkeit der Wartung zu prüfen, den Einsatz von Meß- und Prüfgeräten zu steuern, verschiedene Wählanlagen bezüglich des Gütezustandes miteinander zu vergleichen und Fehler aufzufinden.

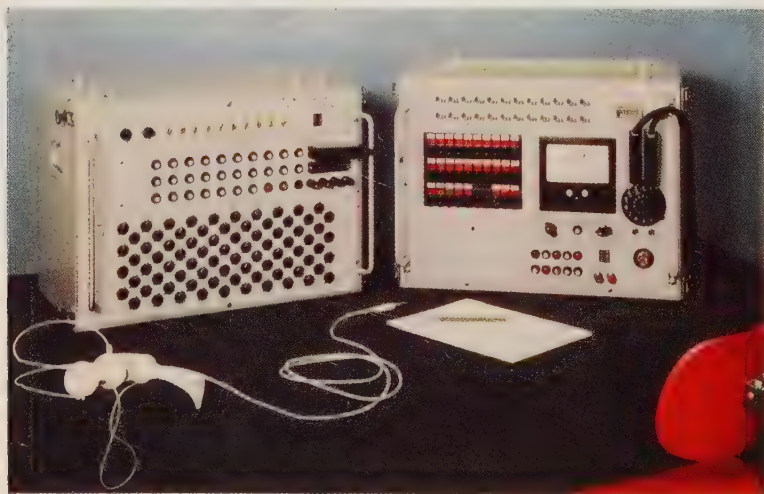


Bild 4 Betriebsgüte-Meßeinrichtung, Meßkoffer für die automatische Nummernwahl (links) und für die Programmablaufsteuerung (rechts)

Wechselsprechanlage für Krankenhäuser

VON HEINZ-GÜNTHER GILLMEISTER

Die Wechselsprechanlage ermöglicht den direkten Sprechverkehr zwischen Patient und Pflegepersonal. Ein großer Teil der bei der Krankenbetreuung bisher notwendigen Wege wird dadurch eingespart.

Die Neben-Sprechstellen mit Mikrofon-Lautsprecher werden entweder an jedem Krankenbett oder als gemeinsame Sprechstelle je Krankenzimmer eingesetzt. Möchte der Patient die Schwester sprechen, so braucht er nur auf einen Taster zu drücken. Das Gespräch kann aus größerer Entfernung von der Neben-Sprechstelle geführt werden; der Patient braucht sich nicht zu bewegen und kommt auch nicht mit der Sprechstelle in Berührung, was aus hygienischen Gründen vorteilhaft sein kann.

An einer Haupt-Sprechstelle (Bild 1) mit Verstärker- und Relaiseinrichtung nimmt die Schwester die Patientenwünsche entgegen. Die Haupt-Sprechstelle wird im Schwesternzimmer oder in der Teeküche aufgestellt. Über zusätzliche Abfragestellen in den Krankenzimmern oder auf dem Flur kann die Schwester ebenfalls Anrufe der Patienten empfangen (Bild 2). Die Abfragestellen in den Krankenzimmern sind so ausgeführt, daß alle Rufe über eine gemeinsame Abfrage Taste entgegengenommen werden. Damit auch in diesem Fall sprechunfähige Patienten erkannt werden, ist eine Identifizierungstaste vorgesehen, nach deren Druck die betreffende Zimmerlampe in einem bestimmten Rhythmus aufleuchtet.

Über eine Notrufeinrichtung kann die Schwester von den Krankenzimmern aus in dringenden Fällen den diensthabenden Arzt, die Pfleger oder andere Hilfspersonen herbeirufen. Auf gleiche Weise sind Rückfragen der Gerufenen möglich.

Die Ruhe im Krankenzimmer wird durch die Wechselsprechanlage nicht beeinträchtigt, da die ausgezeichnete Wiedergabequalität keine größere Lautstärke erforderlich macht als z. B. leise geführte Gespräche zwischen Arzt und Schwester. Während die Lautstärke in den Krankenzimmern auf ein Mindestmaß eingestellt wird – der Druck auf eine Lauttaste erhöht bei Bedarf kurzzeitig die Verstärkerleistung –, kann die Schwester an der Haupt-Sprechstelle die ankommende Lautstärke beliebig wählen, z. B. beim Überwachen der Atemgeräusche Schwerkranker.

Die Wechselsprechanlagen mehrerer Krankenstationen lassen sich zusammen-



Bild 1 Haupt-Sprechstelle mit Mikrofon und Wandlautsprecher im Schwesternzimmer

schalten. Dies ist in der Nacht besonders wichtig, da zu dieser Zeit der Dienst eines großen Bereiches von nur einer Nachtschwester wahrgenommen werden kann.

Transistoren und staub- oder gasdicht abgeschlossene Relais gewährleisten eine hohe Lebensdauer und Betriebssicherheit der Verstärker- und Relaiseinrichtung. Die Wechselsprechanlage kann durch Lichtruf ergänzt werden.



Bild 2 Blick in ein Krankenzimmer mit Neben-Sprechstelle und Ruftaster sowie einer Abfragestelle für die Schwester (im Hintergrund)

ESK-Umwertter für die Landesfernwahl

VON WALTER VILLMANN

Bei Selbstwählfertgesprächen ermitteln Umwertter aus einer Anzahl von Daten, wie Ortskennzahl, Netzaufbau und Reihenfolge der möglichen Verbindungswege, diejenigen Informationen, nach denen der Weg zum Zielort (Leitweg) ausgesucht und die Gesprächsgebühr (Verzoning) festgelegt werden [1]. Ein solcher Umwertter wird während des Aufbaues einer Verbindung nur kurze Zeit benötigt. Er kann daher in der Regel ein ganzes Amt bedienen und wird deshalb zentral angeordnet [2, 3].

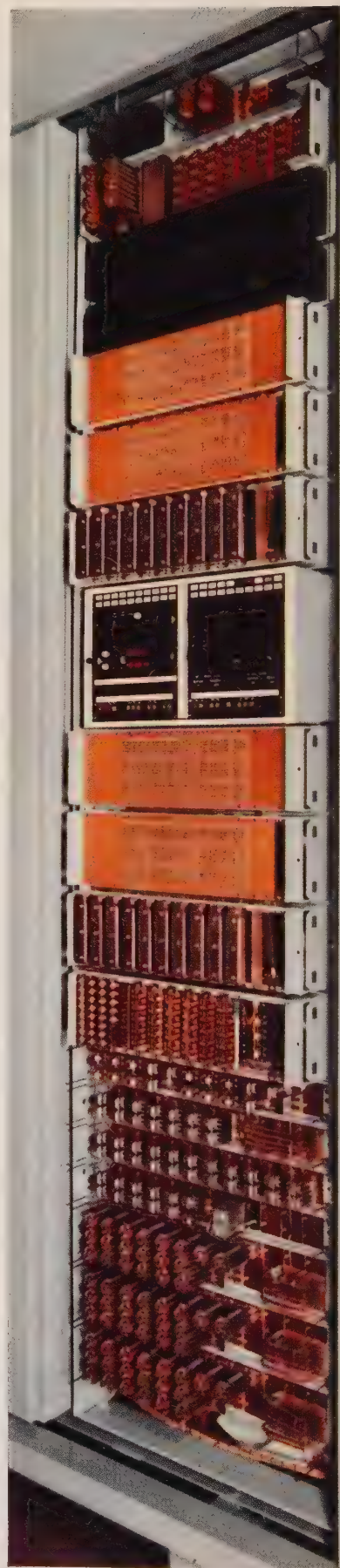
Ein- und Ausgabe geschehen codiert und damit so schnell, daß ein Umwertter bis zu 1000 Eingangsleitungen bedienen kann, entsprechend etwa 30000 Umwertvorgängen in der Hauptverkehrsstunde, ohne daß für den Teilnehmer spürbare Wartezeiten entstehen. Solchen hohen Belegungszahlen ist das Edelmetall-Schnellrelais gewachsen [4]. Mit diesem weitgehend entmechanisierten Schaltelement wurde der besonders wirtschaftliche ESK-Umwertter entwickelt [5]. Die Lebensdauer der stromlos schaltenden Relais ist außergewöhnlich groß.

Damit auch bei einer etwa aus betrieblichen Gründen notwendigen Abschaltung des Umwerters oder bei Außerbetriebsetzung durch äußere Einwirkungen die Informationsverarbeitung im Landesfernwahlamt keinen Augenblick unterbrochen wird, ist es zweckmäßig und üblich, derartig zentralisierte Einrichtungen stets paarweise je Amt vorzusehen. Jeder der beiden Umwertter bedient im Regelbetrieb die Hälfte der Speicher; bei der Außerbetriebnahme eines Umwerters übernimmt dann der zweite automatisch ohne jegliche Unterbrechung die Bedienung sämtlicher Speicher. Die zwei ESK-Umwertter sind zusammen mit der Anschalteinrichtung, mit Überwachungs-, Prüf- und Registriereinrichtung in einem Gestellrahmen untergebracht (Bild 1).

Der ESK-Umwertter bildet aus der Kennzahl oder einem Teil der Kennzahl des Zielortes »Kennzahlpunkte«, von denen die Leitweglenkung und die Verzoning abgeleitet werden (Bild 2). Jeder Kennzahlpunkt stellt schaltungstechnisch eine »Und«-Schaltung dar, die nur dann »aktiv« wird, wenn die entsprechende Ziffernkombination vorliegt.

Die Kennzahlpunkte werden durch zwei Kontaktpyramiden verwirklicht und sind mit Richtungs- oder Zonenpunkten verdrahtet, die über Gleichrichter codiert das Ergebnis liefern. Alle Kennzahlpunkte, Richtungs- und Zonenpunkte liegen an Rangierverteilern im Umwertter.

Bild 1 Gestellrahmen mit einem ESK-Umwertter-Paar.
Von oben:
Sicherungen,
Anschalteinrichtung,
Umwertter 1,
Bedienungsfeld,
Umwertter 2,
Überwachungseinrichtung und Prüfeinrichtung



Ablauf eines Umwertevorgangs

Durch Wahl der Verkehrsausscheidungs-
ziffer »0« belegt der Teilnehmer einen
Zählimpulsgeber, der von einem Relais-
Suchwähler mit einem freien Speicher
verbunden wird. Der Speicher nimmt die
nun gewählte Kennzahl des Zielortes –
z. B. »210« – auf, schaltet mit Hilfe der
 f -Kontakte (Bild 3) den ESK-Umwert-
er an die Eingabeleitungen und gibt die
Information »210« an den Umwerter.
Die Relais Z_2 , H_1 und K_0 sprechen an
und bilden mit ihren Kontakten zwei
Pyramiden. Über die Kontakte f und x im
Speicher wurde gleichzeitig Erde ange-
legt, die jetzt an den Ausgangspunkten
»210« (Kennzahlpunkten) der beiden
Pyramiden wirksam wird. Der Zonen-
Kennzahlpunkt »210« ist über eine
Rangierverdrahtung mit dem Zonen-
punkt 1 verbunden, über dessen Ausgabegleichrichter
vier Zonen-Ergebnisrelais im Speicher erregt werden.
Die Relais DK_4 , Ze_5 und Zo_2 bestimmen die Zone.
Vom Richtungs-Kennzahlpunkt »210« der anderen
Kontaktpyramide führt eine Rangierung zum Richtungs-
punkt 1, der über die Ausgabegleichrichter mit den
Richtungs-Ergebnisrelais im Speicher verbunden ist. In
beiden Fällen schalten die f_1 -Kontakte des Speichers zu
den Ergebnisrelais durch. Die letzte Gleichrichtergruppe
dient zum Betätigen von weiteren Relais im Speicher,
die einige Nebenfunktionen erfüllen (Programm). Mit
dem Ansprechen der Ergebnisrelais schaltet sich der

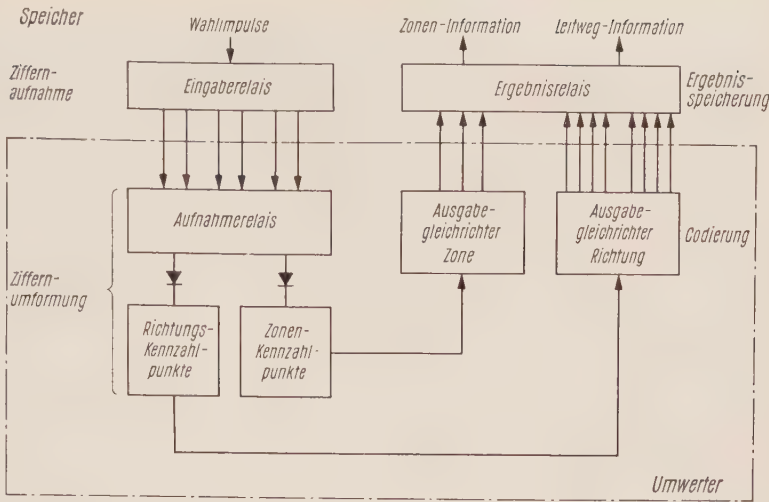


Bild 2 Informationsverarbeitung im ESK-Umwert-er

Speicher ab und gibt den Umwerter für Belegungen
von anderen Speichern frei.

Schrifttum

[1] Mattern, A.: Die technische Entwicklung der Teilnehmerfernwahl in Deutschland. Der Ingenieur der Deutschen Bundespost 9 (1960) 127 bis 134
[2] Lurk, H.-J. und Rings, F.: Elektronik in der Landesfernwahl. Siemens-Zeitschrift 31 (1957) 101 bis 106
[3] Licht, F.: Elektronische Umwerter für die Landesfernwahl. Siemens-Zeitschrift 34 (1960) 173
[4] Wilhelm, H. und Braumann, G.: Das Edelmetall-Schnellrelais. Siemens-Zeitschrift 31 (1957) 177 bis 179
[5] Villmann, W. und Vogel, H.: Weitere Anwendungsbeispiele für Edelmetall-Schnell-relais. Siemens-Zeitschrift 33 (1959) 338 bis 340

f, x Kontakte der Anschalterrelais
 f_1 Kontakte der Folge-Anschalterrelais
 Z, H, K Ziffern-Empfangsrelais
 WE, N Nebenfunktionsrelais

Bild 3 Wirkungsweise eines
ESK-Umwert-ers. Mit z. B. vier
 DK -, fünf Ze - und zwei Zo -Relais
lassen sich 40 Zonen unterschei-
den, mit vier LA - und vier
 LB -Relais je 15 Richtungen im
I. und II. Richtungswähler (RW)

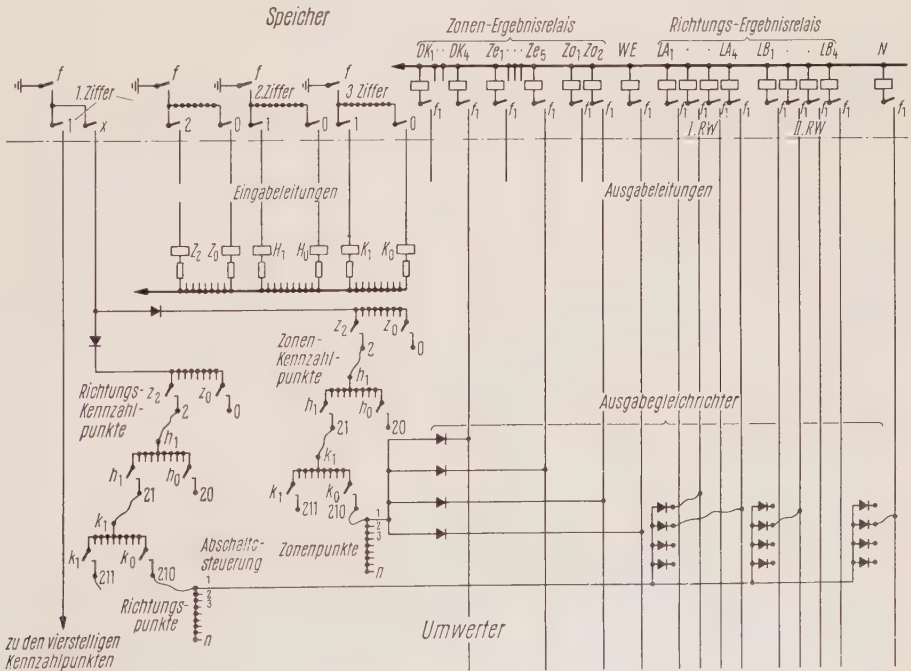
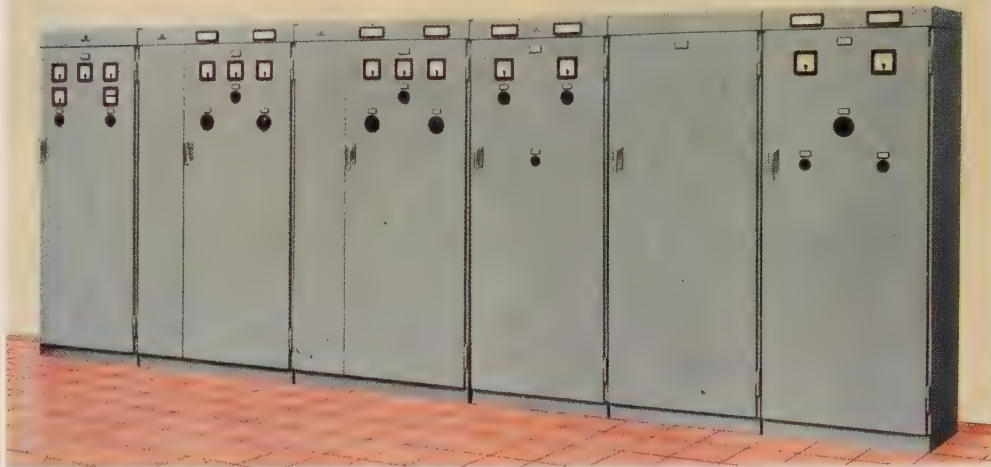


Bild 1 Automatische Stromversorgungsanlage (60 V/200 A).
Von links: Netzfeld, Gleichrichter 1 und 2, Batteriefeld und Ausgleich-einrichtung



Automatische Stromversorgung von Wähl-Vermittlungsanlagen

VON ARTHUR SÜHRIG

Die für Wähl-Vermittlungsanlagen entwickelten automatischen Stromversorgungseinrichtungen (Bild 1) zeichnen sich durch hohen Wirkungsgrad, große Betriebssicherheit, einfache Betriebsweise sowie geringe Wartungs- und Personalkosten aus. Bei dieser Technik werden die Anlagen über Gleichrichter aus dem Wechselstromnetz gespeist, bei Netzausfall aus einer Batterie, deren Ladung im Normalbetrieb automatisch erhalten wird. Die bei Pufferbetrieb erforderlichen Gegenzellen, Gegenzellenschütze und Steuerorgane sind hier nicht nötig. Besondere Bedeutung hat die große Ersparnis an Batteriekapazität; sie kommt dadurch zustande, daß die Batterie im Normalbetrieb nicht benötigt wird und bei Netzausfall daher der volle Füllungsgrad zur Verfügung steht.

Automatische Stromversorgungseinrichtungen¹⁾ haben eine kontaktlose Regelung, die für eine konstante Gleichspannung sorgt, auch wenn sich die Belastung zwischen 1,5 und 100% des Nennstromes bewegt sowie Änderungen der Netzspannung zwischen -20 und +10% und der Netzfrequenz zwischen $\pm 5\%$ auftreten. In allen Fällen bleibt die abgegebene Verbraucherspannung von 62 V* in den Grenzen von $\pm 2\%$ konstant. Eine automatische Strombegrenzung schützt das Gleichrichtergerät vor sekundärseitiger Überlastung.

Nach einem Netzausfall schaltet sich das Gleichrichtergerät selbsttätig wieder ein; die Batterie wird aufgeladen.

Es besteht die Möglichkeit, mehrere Gleichrichtergeräte parallel zu betreiben. Je nach Stromverbrauch der Vermittlungsanlagen schalten sich einzelne Gleichrichter automatisch zu und ab.

Bild 2 zeigt den Übersichtsplan einer automatisch arbeitenden Stromversorgungsanlage, die aus einem Netzfeld, zwei magnetisch geregelten Silizium-Gleichrichtergeräten für je 60 V/100 A, einer Ausgleicheinrichtung für 8 V/200 A, einem Batteriefeld für 200 A und zwei 30zelligen Batteriegruppen besteht.

Bei Netzbetrieb werden die Verbraucher direkt aus einem oder mehreren Hauptgleichrichtern gespeist. Ein mit dem Hauptgleichrichter in Reihe geschalteter Zusatzgleichrichter versorgt die Batterie mit einem kleinen Ladungserhaltungstrom.

Bei Netzausfall übernimmt die Batterie die Speisung der Verbraucher, und zwar zunächst über ein Sperrventil *V* aus 26 Batteriezellen und nach etwa 100 ms Schaltdauer über die Kontakte des Entladeschützes *E* aus 30 Zellen. Setzt die Stromzufuhr aus dem öffentlichen Energieversorgungsnetz ein, so wird die Speisung der Verbraucher durch die Gleichrichter wieder aufgenommen. Während der ersten 10 Minuten wird die Spannung der Batterie auf 62 V angehoben. Anschließend öffnet der Kontakt des Entladeschützes *E*, trennt dadurch die Batterie von den Verbrauchern und gibt gleichzeitig die Wiederaufladung der Batterie auf 2,4 V je Zelle (72 V bei 30 Zellen) mit hohem Ladestrom frei. Der Ladestrom wird so gesteuert, daß er mit Rücksicht auf die angeschlossenen Verbraucher jeweils

1) Fried, Th. und Braun, K.: Die Stromversorgungsanlage im Fernmeldeamt Mannheim. Siemens-Zeitschrift 34 (1960) 307 bis 310

* Automatische Stromversorgungseinrichtungen der beschriebenen Technik werden auch für 48-V-Anlagen geliefert.

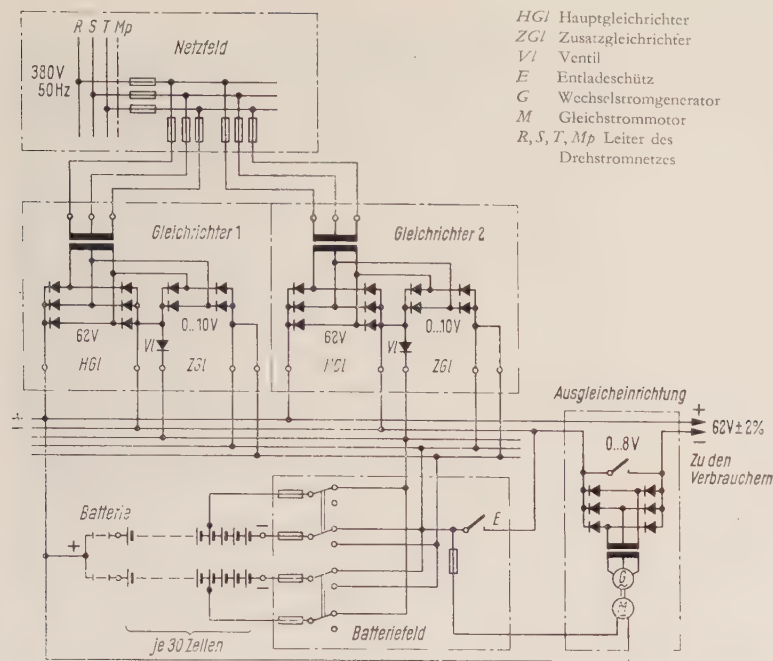


Bild 2 Übersichtsplan einer Stromversorgungsanlage für 200 A

nur die Differenz zwischen Verbraucherstrom und Nennstrom der Gleichrichtergeräte ausmacht. Er verringert sich also, sobald der Verbraucherstrom ansteigt, und umgekehrt. Der Ladestrom sinkt langsam, wenn die Wiederaufladespannung von 72 V erreicht ist. Beträgt der Ladestrom nur noch 10% des Nennstroms der Gleichrichtergeräte, so fällt die Ladespannung auf 67 V (2,23 V je Zelle) und der erforderliche Ladungserhaltungsstrom setzt wieder ein.

Die Gleichrichtergeräte können auch für eine Erstladung der Batterie auf 2,7 V je Zelle (81 V bei 30 Zellen) herangezogen werden. Da hierzu die Span-

nung des Hauptgleichrichters auf 71 V erhöht wird, trennt man den zum Laden einer Batteriegruppe vorgesehenen Gleichrichter vorher von den Verbrauchern ab. Ebenso ist die zu ladende Batteriegruppe auf »Ladung« umzuschalten. Auf diese Weise kann mit einem Hauptgleichrichter die eine der beiden Batteriegruppen auf 81 V aufgeladen werden, während das zweite Gerät neben der Ladungserhaltung der zweiten Batteriegruppe nach wie vor die Verbraucher im Netzbetrieb speist.

Bei Batteriebetrieb verringert sich die Betriebsspannung je nach Belastung und Größe der Batterie mehr oder weniger stark. In Fernsprechanlagen beispielsweise ist jedoch eine Mindestspannung von 58 V erforderlich. Hierbei werden nur etwa 60% der Batteriekapazität ausgenutzt. Um die restlichen 40% bis zur sogenannten Entladeschlussspannung von 54 V ausnutzen zu können, nimmt man eine mit der Batterie in Reihe geschaltete Ausgleicheinrichtung zu Hilfe. Diese liefert je nach Höhe der Batteriespannung eine Ausgleichspannung bis zu $8\text{ V} \pm 2\%$, wodurch die für die Verbraucher

erwünschte Betriebsspannung von $62\text{ V} \pm 2\%$ gewährleistet ist (Bild 3).

Für eine erhöhte Betriebssicherheit der Stromversorgungseinrichtung und zur Verhütung irgendwelcher Schäden an den Verbrauchereinrichtungen durch Über- oder Unterspannungen ist eine Überwachungseinrichtung vorhanden. Diese Einrichtung kontrolliert selbsttätig alle für die Fernsprechanlage vorgeschriebenen Sollwerte. Liegt z. B. bei Netzbetrieb die Ausgangsspannung außerhalb der für die Verbraucher zulässigen Grenzen, so schaltet die Überwachungseinrichtung die Gleichrichteranlage ab und leitet den Batteriebetrieb ein.

Ferner enthält die Stromversorgungsanlage eine Melde- oder Signalisierungseinrichtung, mit der alle Betriebszustände durch optische oder auch akustische Signale angezeigt werden. Die Meldeeinrichtung leitet darüber hinaus die Signale an einen zentral in der Wähl-Vermittlungsanlage angeordneten Meldezusatz weiter. Über diesen wird das Amtspersonal von allen in der Stromversorgungsanlage auftretenden Änderungen des Betriebszustandes unterrichtet, und zwar ebenfalls durch optischen und akustischen Alarm. Während die Leuchtsignale für die Dauer des jeweiligen Betriebszustandes eingeschaltet bleiben, läßt sich der Weckeralarm durch Drücken einer Taste abstellen oder auch nach 30 s selbsttätig löschen.

Außer für Fernsprechanlagen werden automatische Stromversorgungseinrichtungen in ähnlicher Form auch für Fernschreibämter verwendet.

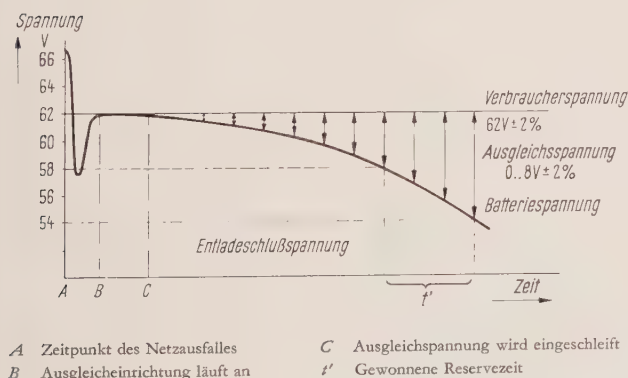


Bild 3 Bei Batteriebetrieb ergeben Batteriespannung und Ausgleichsspannung zusammen die für die Verbraucher erwünschte Ausgangsspannung von $62\text{ V} \pm 2\%$

Der Siemens-Unterrichts-Reaktor SUR

VON GÜNTER HILDENBRAND

Während die ersten Forschungsreaktoren in den meisten Fällen um ihrer selbst willen gebaut wurden, steht heute beim Entwurf eines Forschungsreaktors die spezielle Verwendung des Reaktors im Vordergrund der Planung. Obwohl die Anwendungsgebiete für Forschungsreaktoren sehr vielschichtig sind, ergibt sich doch ein gewisser Überblick, wenn man ihre Reihe nach steigender Leistung betrachtet – angefangen bei unterkritischen Anordnungen und kleinen Reaktoren für Unterrichtszwecke über kleine flexible Experimentierreaktoren und größere Reaktoren für Forschungsaufgaben bis hin zu großen Hochflußreaktoren für die Werkstoffprüfung.

Im Rahmen der weiteren Entwicklung der Kerntechnik haben alle Arten von Forschungsreaktoren, sei es für die Ausbildung des Nachwuchses, sei es zur Durchführung der erforderlichen Experimente und Untersuchungen ihren spezifischen Beitrag zu leisten. Das Haus Siemens trägt diesem Umstand durch ein möglichst vielseitiges Forschungsreaktor-Programm Rechnung, das durch die jüngste Entwicklung eines Unterrichts-Reaktors (SUR) (Bild 1) erweitert wurde.

Eine besondere Problematik des Unterrichts und der Ausbildung auf naturwissenschaftlich-technischem Gebiet liegt einerseits in der gewaltigen Zunahme des Stoffes und der starken Spezialisierung der Arbeitsgebiete, andererseits in der besonders in jüngster Zeit zunehmend geforderten Vermittlung der grundlegenden Erkenntnisse eines Arbeitsgebietes anstelle spezialisierter Einzelwissens. In diesem Zusammenhang gibt es eine Reihe von Argumenten, die für den sinnvollen Einsatz kleiner Kernspaltungsanordnungen – seien sie unterkritisch oder kritisch – an naturwissenschaftlichen und technischen Unterrichts- und Ausbildungsstätten sprechen. Um nur einige stichwortartig zu nennen: Der Unterricht wird stets einseitig-theoretisch bleiben, wenn auf die experimentelle Demonstration verzichtet werden muß. Die immer stärker werdende Verwissenschaftlichung der Technik und die mehr und mehr notwendige Zusammenarbeit verschiedener Arbeitsgruppen (teamwork) erfordern eine allen Beteiligten möglichst gemeinsame Sprache; besonders die vielschichtige Kerntechnik ist hierfür ein lehrreiches Beispiel. Die Spezialausbildung an großen Reaktorzentren wird um so fruchtbarer sein können, je mehr die Auszubildenden bereits mit den Grundtatsachen vertraut sind, wogegen andererseits

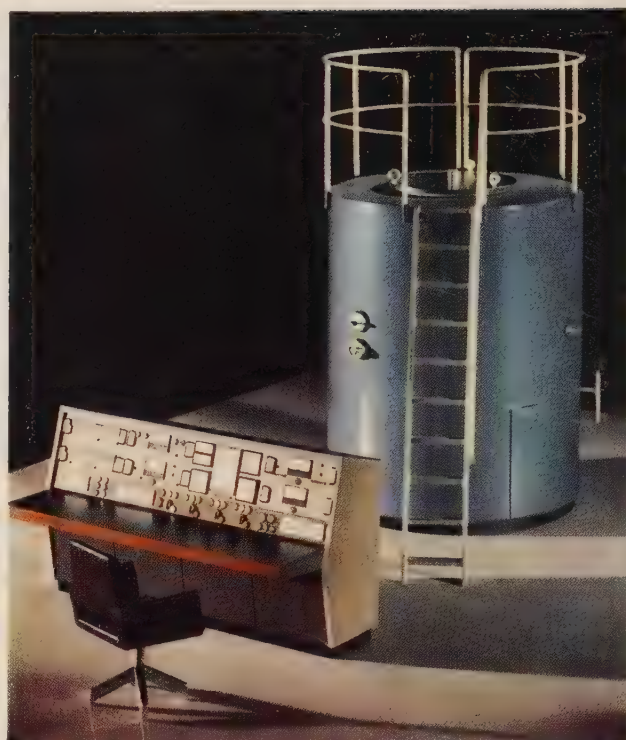


Bild 1 Siemens-Unterrichts-Reaktor SUR 100 (Modell)

große Reaktoren für die Grundausbildung zu aufwendig, zu wenig beweglich und zu wenig überschaubar sind. Der Siemens-Unterrichts-Reaktor SUR wurde unter Berücksichtigung dieser Gesichtspunkte und amerikanischer Erfahrungen auf diesem Gebiet entwickelt, wobei der erforderliche Kompromiß zwischen geringstmöglichem Aufwand auf der einen und möglichst vielseitiger Verwendung auf der anderen Seite zu schließen war. Der Reaktor ist unter bewußtem Verzicht auf hohe Neutronenflußdichten so ausgelegt, daß er ohne besondere bauseitige Sicherheitsmaßnahmen in normalen Laboratoriumsräumen aufgestellt werden kann, ohne daß dadurch eine Gefährdung der unmittelbaren und der weiteren Umgebung des Reaktors zu befürchten ist.

Den Aufbau des Reaktors zeigt Bild 2: Der Reaktorkern (1) wird aus einzelnen Platten von 24 cm Durchmesser zu einer Höhe von etwa 26 cm aufgeschichtet; diese Platten bestehen aus einer gepreßten homogenen Mischung aus U_3O_8 -Pulver als Brennstoff und Polyäthylen als Moderator, wobei das Uranoxyd das spaltbare Isotop U^{235} in 20%iger Anreicherung enthält. Die kritische Brennstoffmenge beträgt etwa 700 g U^{235} . Der Reaktorkern ist allseitig von einem 20 cm dicken Graphitreflektor (2) umgeben. Als Abschirmung für die Neutronen und die γ -Strahlung aus dem Reaktorkern und dem Graphitreflektor dienen eine 10 cm dicke Bleischicht (3) und ein 60 cm dicker Wassermantel (4), der einen Zusatz von Borsäure enthält. Die Strahlungsdosisleistung liegt bei einer Reaktorleistung von 0,1 W bereits

unmittelbar an der Wand des äußeren Reaktorkessels (5) unterhalb der zulässigen Toleranzgrenze von 2,5 mrem/h.

Der gesamte innere Reaktorbereich einschließlich des Graphits und des Bleies ruht auf einer Grundplatte (6) aus Stahl, die ihrerseits auf einem an die Innenwand des äußeren Reaktorkessels angeschweißten Profilring aufliegt. Der Montageaum unterhalb der Grundplatte ist durch eine in den unteren Bereich des äußeren Reaktorkessels eingelassene, an Scharnieren bewegliche und ebenfalls mit Wasser und Borsäurezusatz gefüllte Tür (s. Bild 1) zugänglich. Um das Austreten gasförmiger Spaltprodukte zu verhindern, die wegen der kleinen Reaktorleistung nur in äußerst geringen Mengen entstehen, befindet sich der Reaktorkern einschließlich eines Teils des Graphitreflektors innerhalb eines dichten zylindrischen Aluminiumbehälters (7), des inneren Reaktorkessels. Dieser wird nach Abschluß des kritischen Experimentes – bei dem der Reaktorkern durch sukzessives Auflegen von Brennstoff-/Moderator-Platten abnehmender Dicke auf die kritische Höhe gebracht wird – mit einem Aluminiumdeckel (8) dicht verschlossen.

Der SUR hat, wie man es für einen Unterrichtsreaktor in besonderem Maße fordern muß, zwei voneinander unabhängige Sicherheitssysteme: Einerseits werden die beiden im Graphitreflektor unmittelbar außerhalb des inneren Reaktorkessels angeordneten Regelplatten (9), die aus Cadmiumblechen als Neutronenabsorber bestehen, zum Abschalten des Reaktors durch Federkraft beschleunigt von unten nach oben bis in die Höhe der Mittelebene des Reaktorkerns bewegt; andererseits fällt gleichzeitig die untere Hälfte des Reaktorkerns samt dem unteren Teil des Graphitreflektors um etwa 5 cm nach unten. Die von der Brennstoffmenge und damit von der Reaktorkernhöhe abhängige sogenannte Überschubreaktivität des Reaktors wird beim kritischen Experiment auf etwa 0,3% festgelegt; das Einfahren der kleineren der beiden Regelplatten, der Feinregelplatte, hat eine Reaktivitätsverminderung von etwa 0,5% zur Folge, das Einfahren der anderen Regelplatte, der Grobregelplatte, eine solche von etwa 1,5% und das Abfallen der Reaktorkernhälfte eine Reaktivitätsverminderung von etwa 5%. Deshalb genügt jede dieser Einrichtungen für sich allein, um den Reaktor mit Sicherheit abzuschalten. Die Antriebe (10) der beiden Regelplatten bestehen aus einem Trommelmechanismus, der über eine elektromagnetische Kupplung von einem Getriebemotor betätigt und auf den eine im gestreckten Zustand entspannte Blattfeder aufgewickelt wird. Das Kernhubwerk (11) besteht aus einem Zahnstangenantrieb mit elektromagnetischer Kupplung und Getriebemotor. Der bewegliche Stempel ist gegen das Innere des inneren Reaktorkessels mit einer Membran abgedichtet. Im Innern des beweglichen Stempels befindet sich die zum Anfahren des Reaktors erforderliche Neutronenquelle, eine Ra/Be-Quelle mit einer Aktivität von 10 mC, die bei der Inbetriebnahme des Reaktors mit Hilfe eines

flexiblen Kabelzuges und eines Antriebsmotors (12) bis unter die untere Kernhälfte bewegt wird.

Außer den geschilderten Sicherheitssystemen hat der Reaktor eine allein auf der Kernanordnung und -zusammensetzung beruhende, sogenannte inhärente Sicherheit: Sie beruht auf dem negativen Temperaturkoeffizienten der Reaktivität, der etwa $-3 \cdot 10^{-4}$ je $^{\circ}\text{C}$ Temperaturerhöhung ist. Dies bedeutet, daß der Reaktor wegen der Begrenzung seiner Überschubreaktivität auf 0,3% von selbst unterkritisch wird, wenn die Temperatur im Reaktorkern um mehr als 10 $^{\circ}\text{C}$ steigt. Zur Sicherheit gegen zu starke Abkühlung ist der Reaktor für Temperaturen unterhalb von 15 $^{\circ}\text{C}$ verriegelt. Als Temperaturmeßfühler dient ein in den Reaktorkern eingebautes Widerstandthermometer.

An Experimentiereinrichtungen hat der SUR drei horizontale Experimentierkanäle (13, 14, 15) und eine thermische Kolonne aus Graphit (16). Sie wird von sieben vertikalen Experimentierkanälen (17, 18, 19) durchzogen, von denen einer (17) in der Zylinderachse des Reaktors verläuft, wogegen die übrigen sechs (18, 19) auf einem Kreis angeordnet sind. Die Kanäle (17) und (18) reichen bis in Höhe des oberen bzw. unteren Endes des Reaktorkerns; die übrigen fünf Kanäle (19) verlaufen dagegen

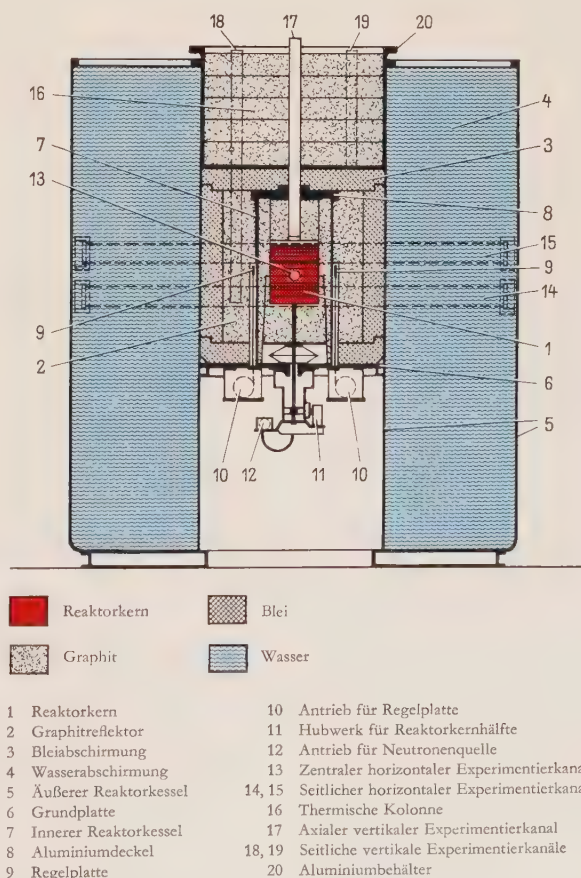


Bild 2 Längsschnitt durch den Siemens-Unterrichts-Reaktor SUR 100

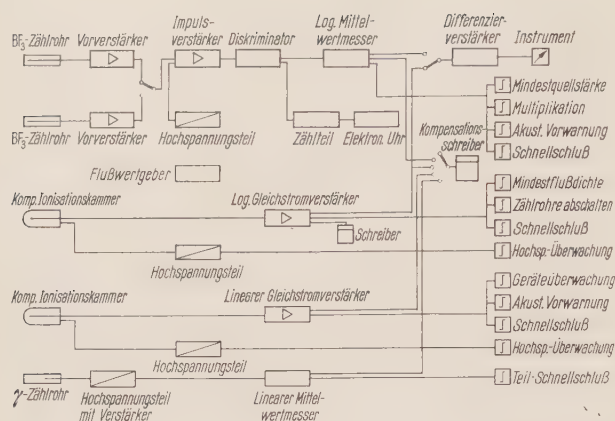


Bild 3 Nukleare Instrumentierung des SUR 100

nur im Bereich der thermischen Kolonne. Die horizontalen Experimentierkanäle sind von beiden Seiten mit Füllstücken aus Graphit, Blei und Polypropylen verschlossen, die vertikalen Kanäle sind mit Graphitfüllstücken ausgefüllt. In allen Füllstücken können Aussparungen für die zu bestrahlenden Proben angebracht werden. Der Graphit der thermischen Kolonne ist in einen Aluminiumbehälter (20) eingelegt, so daß er leicht entfernt und durch einen anderen Moderator, wie z. B. H_2O oder D_2O , ersetzt werden kann.

Zur Anzeige und Überwachung des jeweiligen Betriebszustandes des Reaktors dient die nukleare Instrumentierung (Bild 3), mit deren Hilfe die Neutronenflußdichten an verschiedenen Stellen im Reaktor gemessen und deren Signale über Grenzwerteinheiten den Schaltorganen der elektrischen Verriegelung zugeleitet werden. Im Anfahrstadium des Reaktors wird die Neutronenflußdichte von einem auf zwei BF_3 -Neutronenzählrohre aufschaltbaren Impulsmeßkanal erfaßt; bei etwas größerer Reaktorleistung treten dann die mit je einer kompensierten Neutronen-Ionisationskammer bestückten Gleichstrommeßkanäle in Aktion. Außer den Neutronenflußdichten, die in logarithmischem und linearem Maßstab gemessen werden, wird über einen Differenzialverstärker noch die sogenannte Reaktorperiode ermittelt, die ein unmittelbares Maß für die Änderungsgeschwindigkeit der Neutronenflußdichte und damit eine wichtige Aussage über das Reaktorverhalten liefert. Schließlich besorgt ein mit einem γ -Zählrohr bestückter Meßkanal die Messung und Überwachung der γ -Dosisleistung in der unmittelbaren Umgebung des Reaktors.

Die allgemeine elektrische Instrumentierung des Reaktors bewirkt mit einer konsequenten Verriegelungsschaltung, daß Fehlbetätigungen unwirksam werden und daß das Außerachtlassen gewisser Strahlenschutzanforderungen oder das Auftreten technischer Störungen, z. B. der Ausfall betriebswichtiger Geräte der nuklearen In-

strumentierung oder das Hinstreben des Reaktors zu unzulässigen Betriebszuständen, zu einer selbsttätigen und zuverlässigen Abschaltung des Reaktors führen. Die gesamte elektrische Instrumentierung ist in einem gesonderten Schaltpult untergebracht; der Reaktoroperator hat dort alle Betätigungsknöpfe in Reichweite und alle Anzeigeeinstrumente im Blickfeld, kann aber trotzdem noch über das Schaltpult hinweg den Reaktor überblicken (s. Bild 1).

Der SUR kann in drei Ausführungen geliefert werden, die sich grundsätzlich nur durch die Stärke der Abschirmung unterscheiden. Der SUR 100 hat bei einer maximalen Dauerleistung von 0,1 W eine maximale thermische Neutronenflußdichte von $5 \cdot 10^6$ n/cm² s. Bei den beiden Ausführungen SUR 1000 und SUR 10000 ermöglicht die durch Betonblöcke (die um den äußeren Reaktorkessel herum aufgeschichtet sind) verstärkte Abschirmung einen Dauerbetrieb mit thermischen Leistungen von 1 bzw. 10 W und maximalen thermischen Neutronenflußdichten von $5 \cdot 10^7$ bzw. $5 \cdot 10^8$ n/cm² s.

Seinem Aufbau entsprechend liegen die Anwendungsmöglichkeiten des Reaktors auf dem Gebiet des Unterrichts und der Ausbildung, wobei der Reaktor einerseits selbst als Anschauungs- und Übungsobjekt dient, andererseits aber auch als Meßgerät und Strahlungsquelle eingesetzt werden kann. Im ersten Fall wird der Studierende durch das Kennenlernen und die Inbetriebnahme des Reaktors mit dem grundsätzlichen Aufbau und dem Betriebsverhalten von Reaktoren vertraut und in einfachen Experimenten, wie der Eichung der Regelplatten, der Bestimmung der Überschußreaktivität, der Messung der letzten Gruppe der verzögerten Neutronen, der Messung der Neutronenflußdichte und ihrer Verteilung u. a. m. mit der Bestimmung wichtiger Kenngrößen des Reaktors bekannt gemacht; durch Vergleich der Meßergebnisse mit der Theorie wird dabei das Verständnis für die allgemeinen Zusammenhänge gefördert, zumal die Theorie des Reaktors wegen seines einfachen Aufbaues übersichtlich und ohne großen mathematischen Aufwand mit den Experimenten vergleichbar ist. Im zweiten Fall ermöglicht der Reaktor das Messen von Wirkungsquerschnitten verschiedener Stoffe für Neutronenabsorption und -streuung, von Moderatorigenschaften und anderen neutronenphysikalischen Größen sowie die Aktivierung von Isotopen; er bietet ferner Gelegenheit, mit grundlegenden Strahlungsmessungen und -maßnahmen vertraut zu werden.

Besonders für ein Praktikum der Strahlungsmeßtechnik ist ein kleiner Reaktor erfahrungsgemäß ein wertvolles Hilfsgerät: Die in ihm vor allem ausreichend aktivierbaren kurzlebigen Isotope bieten den Vorteil, daß ihre Aktivität nach kurzer Zeit soweit abgeklungen ist, daß die Gefahr einer Verseuchung des Laboratoriums durch unachtsamen Umgang mit den Präparaten weitgehend ausgeschaltet wird. Tafel 1 enthält einen Ausschnitt aus einer Aktivierungstabelle der mit dem

Ordnungs- zahl <i>Z</i>	Element	Massen- zahl <i>M</i>	Halbwert- zeit <i>t_{1/2}</i>	Spezifische Aktivität(1 h) $\mu\text{C/g}$	Maximale Menge <i>g</i>
13	Al	27	2,3 min	0,66	250
23	V	51	3,76 min	7,0	40
25	Mn	55	2,58 h	4,6	17
45	Rh	103	4,4 min	8,0	2,75
47	Ag	107	2,3 min	12,5	7
49	In	115	54 min	55,0	2,5
63	Eu	151	9,2 h	4,1	0,15
66	Dy	164	2,3 h	65,0	0,7
71	Lu	175	3,7 h	2,3	6
77	Ir	193	19 h	1,2	1,8
79	Au	197	2,7 d	0,2	8

Tafel 1 Beispiele zur Aktivierung von Isotopen im SUR 100

SUR 100 aktivierbaren Elemente: Die angegebenen spezifischen Aktivitäten gelten für einstündige Bestrahlung im zentralen horizontalen Experimentierkanal des Reaktors; die angegebenen maximalen Mengen geben die maximal in diesen Kanal einbringbaren Substanzmengen an, die dadurch bestimmt sind, daß der Reaktor durch das Einbringen der zu aktivierenden Substanzen nicht unterkritisch werden darf. Wenn man davon ausgeht, daß Aktivitäten von 0,01 μC nachweisbar sind, kann man im zentralen Kanal des SUR 100 noch etwa 60 Elemente für Unterrichtszwecke ausreichend aktivieren. Durch die Ausarbeitung eines umfangreichen Experimentierbuches mit den theoretischen Grundlagen und

entsprechenden Praktikumsexperimenten soll die Verwendung des Reaktors als Praktikumsgerät gefördert und durch die Entwicklung geeigneter Zusatzeinrichtungen noch erweitert werden. Zu diesen Einrichtungen gehört u. a. eine Pile-Oszillator-Anordnung, die in den zentralen Experimentierkanal eingesetzt und für die Messung von Wirkungsquerschnitten verwendet wird.

In diesem Zusammenhang sei auch auf die Verwendung des SUR als thermische Flächenquelle für die unterrichtsmäßige Durchführung sogenannter Exponentialexperimente hingewiesen. Dabei wird ein mit Wasser gefüllter Behälter, in den in regelmäßiger Gitteranordnung Natururanstäbe eintauchen, auf die thermische Kolonne des SUR aufgesetzt (Bild 4). Auf diese Weise kann man die Messungen wichtiger Kenngrößen solcher Gitter vorführen, wobei die Flexibilität der Gitteranordnung infolge der Möglichkeit zur Variation der Gitterabstände und der Symmetrie der Anordnung eine willkommene Bereicherung der Ausbildung bedeutet.

Wie erwähnt, kann ein Reaktor wie der SUR infolge des Fehlens jeglicher Kreisläufe und Abluftprobleme ohne besondere Baumaßnahmen in normalen Laboratoriumsräumen aufgestellt werden. Die ständigen Betriebskosten sind gering: Da die jährlichen Pachtgebühren für den Brennstoff nur etwa 2000 DM betragen und der Verbrauch an Brennstoff mit etwa 30 Mikrogramm U^{235} je Jahr (bei Dauerbetrieb) vernachlässigbar klein ist, werden sie praktisch ausschließ-

lich von den Personalkosten bestimmt. Im allgemeinen wird man aber auch diese nicht gesondert zu berücksichtigen brauchen, da die im Rahmen des Sicherheitsberichtes als für den Reaktor zuständig zu benennenden Personen wohl an allen in Betracht kommenden Ausbildungsstätten – Universitäten, Technische Hochschulen und Höhere Technische Lehranstalten – ohnehin zur Verfügung stehen werden.

Der erste Siemens-Unterrichts-Reaktor SUR, an dem spätere Auftraggeber schon vor der Lieferung mit dem Reaktor vertraut gemacht werden können, wird in einigen Monaten in der Reaktorstation der Siemens-Schuckertwerke in Garching bei München neben dem dort seit Juni 1959 in Betrieb befindlichen Siemens Argonaut-Reaktor SAR in Betrieb genommen werden.

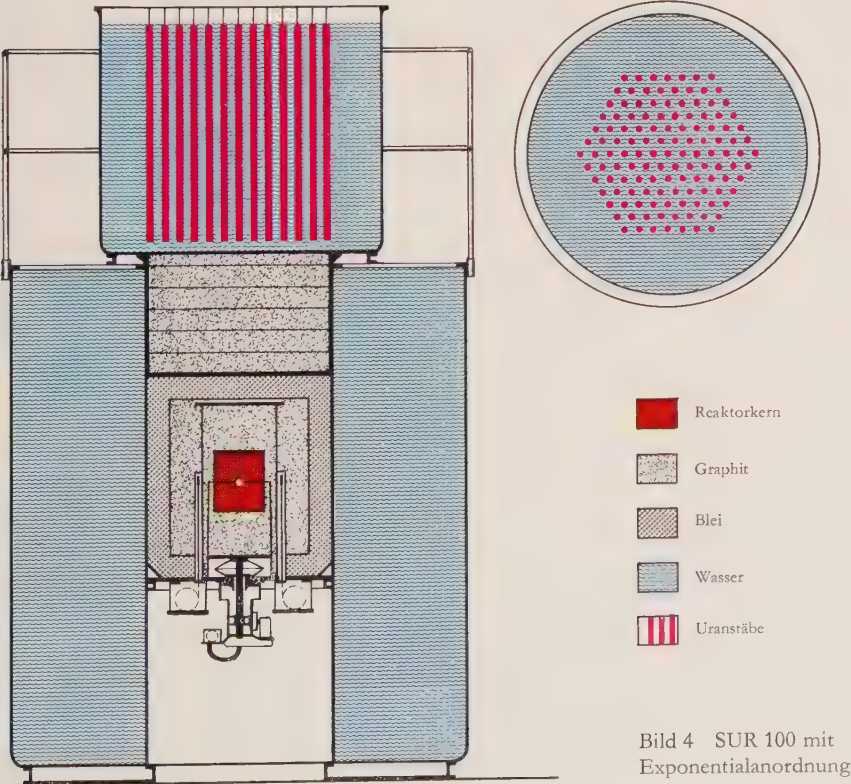


Bild 4 SUR 100 mit Exponentialanordnung

Bild 1 Maschinenumformer bei der Europäischen Organisation für Kernforschung (CERN) in Genf



Stromgeregelte Umformersätze zur Speisung von Strahlführungsmagneten

VON HANS GERHARD BERGER UND HELMUT WATZINGER

In Beschleunigeranlagen für kernphysikalische Untersuchungen werden Teilchen (Elektronen, Protonen) auf hohe Energien gebracht. Nach der Beschleunigung, die z. B. beim Synchrotron auf einer Kreisbahn verläuft, muß der Teilchenstrahl auf die Versuchseinrichtung gelenkt werden.

Hierzu dienen Ablenk- und Fokussierungsmagnete, durch die der Strahl auf eine vorbestimmte Bahn (magnetische Strahlführungs Kanäle) gebracht wird. Damit das Ziel genau getroffen wird, ist eine hohe Konstanz des Magnetfeldes und damit des Stromes in der Erregerwicklung des Magneten erforderlich. Da die Teilchen auf unterschiedliche Endenergie beschleunigt werden, müssen die Feldstärke der Magnete und somit die Erregerströme in weitem Bereich einstellbar sein.

Hier wird eine Stromversorgungsanlage für Strahlführungsmagnete beschrieben, die bei der Europäischen Organisation für Kernforschung (CERN) in Genf errichtet wurde (Bild 1).

Allgemeines, Betriebsbedingungen

In der Experimentierhalle des 25-GeV-Protonen-Synchrotrons sind Ablenk- und Vierpolfokussierungsmagnete in großer Anzahl aufgebaut. Die Nenn-Erregerströme der Standardausführungen betragen 625 bis 830 A, die Feldzeitkonstanten etwa 5,7 bis 0,8 s. Magnete mit ge-

ringeren Erregerströmen und Zeitkonstanten bis 0,15 s herab können ebenfalls verwendet werden. Zur Speisung dienen 30 Gleichstromgeneratoren: für kleine Magnete 8 Generatoren 105 V, 415 A, und für Standardtypen 14 Generatoren 205 V, 830 A, bzw. 8 Generatoren 405 V, 830 A.

Der Strom soll einstellbar sein zwischen 10 und 100% des Nennstromes. Bei jedem eingestellten Wert soll die Konstanz $\pm 1\text{‰}$ betragen, bei 10% Nennstrom also $0,1\text{‰}$ des Nennstromes.

Störgrößen sind: Netzspannungsschwankungen und langsame Frequenzänderungen, außerdem die langsamen Änderungen der Kenngrößen im Regelkreis und in der Regelstrecke durch Erwärmung.

Prinzip der Promille-Stromregelung

Auch mit einem außerordentlich schnellen Regler ist es nicht möglich, bei stoßartigen Netzspannungsschwankungen kurzzeitige größere Abweichungen von mehr als $\pm 1\text{‰}$ zu vermeiden. Es lag daher nahe, die Anlage so auszuführen, daß Netzspannungsschwankungen nicht zur Wirkung kommen. Die langsamen Änderungen durch Erwärmung sowie durch langsame Frequenzabweichungen werden dann mit Sicherheit nicht die Promille-Grenze überschreiten.

Bild 2 zeigt die Grundsaltung der Stromregelung. Der als Leistungsstufe zur Speisung der Magnete dienende Generator ist mit angeflanschter Erregermaschine ausgeföhrt. Beide Maschinen werden durch einen Synchronmotor angetrieben, um den Einfluß von Netzspannungsschwankungen praktisch zu beseitigen. Die Erregermaschine wird von einem Transistor-Zweipunktregler im Gegentakt fremderregt. Der Netzteil des Reglers und weitere Reglerhilfsstromkreise der Promille-Stromregelung werden aus einem konstant gehaltenen Hilfsnetz gespeist.

Der Gleichstrom-Sollwert wird an einem Präzisions-Potentiometer eingestellt, das von einem Zenerdioden-Konstanthalter gespeist wird.

Der Gleichstrom-Istwert wird an einem Präzisions-Shunt im Gleichstromkreis gemessen, da Meßverfahren mit Gleichstromwandlern, Hallwandlern usw. nicht die geforderte Genauigkeit ergeben. Die verfügbare Spannung ist durch die Leistung (Verlustwärme) des Shunts begrenzt. Verwendet werden Shunts mit 830 mV bei Nennstrom. Bei 10% Nennstrom dürfte daher die Differenz zwischen Sollwert und Istwert etwa 83 μ V betragen. Jedoch sind die Toleranz des Konstanthalters und die Temperaturänderungen der Bauelemente des Sollwertkreises mit zu berücksichtigen. Der Arbeitspunkt- und Temperaturgang eines normalen Transistor-Gleichstromverstärkers erfordert aber eine Eingangsspannung von einigen Millivolt. Andererseits möchte man auf einen schnellen und stetig einstellbaren Regler nicht verzichten, dessen Ausgangsspannung kontaktlos den Erregerstrom verändert. Es wurde daher eine Kombination dieses schnellen, stetigen Reglers mit einem langsameren, hochempfindlichen Magnetkippverstärker (Dreipunktregler) gewählt.

Wie Bild 2 zeigt, liegt der Eingang des Magnetkippverstärkers an der gleichen Differenzspannung U_{Diff} wie der Eingang des Zweipunktreglers. Der dreistufige Magnetkippverstärker hat eine Ansprechempfindlichkeit von

etwa $\pm 20 \mu$ V. Die beiden Endstufen (Gegentakt) arbeiten je auf ein Relais zur Verstellung eines Potentiometerantriebes. Die abgegriffene Zusatzspannung speist den Eingang des Transistor-Zweipunktreglers. Tritt also z. B. infolge Temperaturänderung des Zweipunktreglers eine Abweichung des Strom-Istwertes auf, so spricht der Magnetkippverstärker an und der Korrekturstrom ändert sich so lange, bis die Differenzspannung wieder unterhalb des Ansprechwertes liegt. Bild 3 zeigt einen Ausschnitt aus einer Langzeitmessung des Stromes am Shunt.

Ausführung der Anlage

In einer Maschinenhalle unmittelbar neben der großen Experimentierhalle sind sämtliche Umformersätze, die zugehörige Niederspannungs-Schaltanlage für Energieeinspeisung aus dem Drehstromnetz sowie Steuertafeln und Reglerschränke untergebracht. An einer von CERN entwickelten Verteileranlage (Line-Selector) werden die Generatorstromkreise mit den Gleichstromanschlüssen in der Experimentierhalle nach Bedarf zusammengeschaltet. Die Shunts sind unter dem Line-Selector angeordnet.

In 1,2 m tiefen Kanälen zwischen den Umformerfundamenten sind sämtliche Leistungs-, Erreger- und Steuerkabel auf Kabelpritschen verlegt. Außerdem dienen die Kanäle der Frischluftzuföhung zu den Umformersätzen.

Da für den Experimentierbetrieb gleichzeitig eine größere Anzahl von Generatoren zur Speisung von Magneten benötigt wird, sind bei den Generatoren der kleineren und mittleren Leistung jeweils zwei Generatoren mit einem gemeinsamen Synchronmotor gekuppelt. Die Synchronmotoren sind mit Anlaufwicklungen für asynchronen Anlauf bei direkter Einschaltung ausgeföhrt.

Die Gleichstromgeneratoren entsprechen grundsätzlich den Standardausföhungen. Für etwa erforderlichen Parallelbetrieb erhielten die Generatoren der Ausföhung 405 V, 830 A zusätzlich Gegenreihenschlußwicklungen.

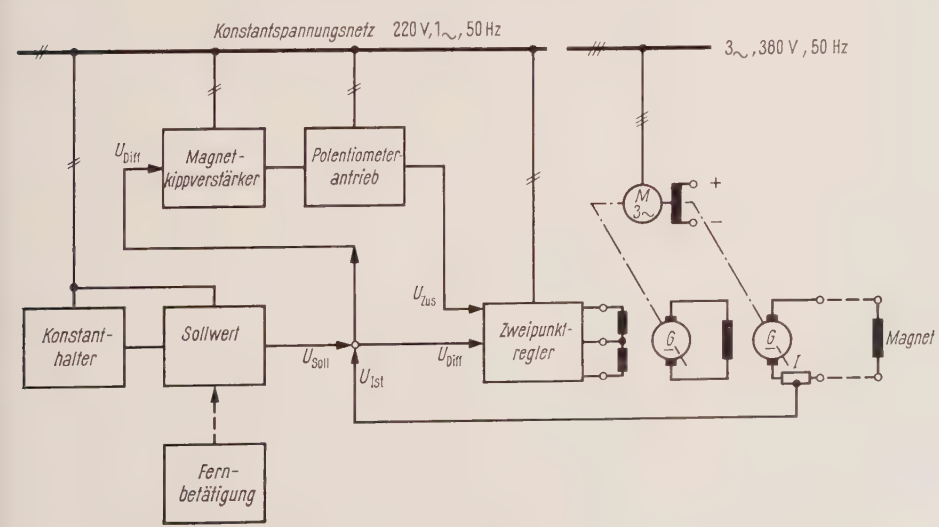


Bild 2 Grundsaltung der Stromregelung

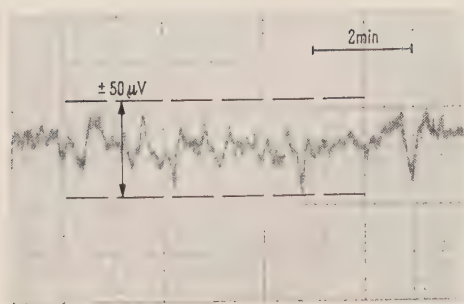


Bild 3 Langzeitmessung der Stromänderung bei 10% Nennstrom ($\pm 50 \mu\text{V} \triangleq \pm 0,6\text{‰}$)

Um die Gesamtwelligkeit der Generatorspannung klein zu halten, wurden sämtliche Generatoren mit geschrägten Ankernuten und vergrößertem Hauptpolluftspalt ausgeführt. Bei 10% Nennspannung und Nennstrom liegt die Welligkeit der Generatorspannungen je nach Generatorbauart zwischen 0,15 und 1,2%.

Die Motoren und Generatoren sämtlicher Umformersätze sind eigenbelüftet. Um bei den geringen Umformerabständen einwandfreie Luftführung zu erreichen, sind Ansaugöffnungen seitlich oder unten angeordnet, während die Warmluft senkrecht nach oben ausgeblasen wird.

Ein zusätzlicher Umformersatz mit Konstantspannungs-Synchrongenerator dient zur Versorgung der Regler.

Die Synchronmotoren sind an eine stahlblechgekapselte Niederspannungs-Schaltanlage mit 15 Feldern angeschlossen, deren drei Sammelschienenabschnitte über je einen 2-MVA-Transformator aus dem 18-kV-Netz gespeist werden. Die standardisierten Schaltfelder bieten den Vorteil geringen Platzbedarfs, einfacher Montage und der Erweiterungsmöglichkeit. Die ausziehbaren Geräteblöcke können ohne Störung anderer Abzweige her-

ausgenommen werden. Sämtliche Schaltgeräte werden über Druckluftantriebe orts- oder ferngesteuert. Die gesamte Schaltanlage ist für Stoßkurzschluß-Wechselströme von $I_{SW} = 50 \text{ kA}$ (Effektivwerte) bemessen.

Das Steuern der Umformersätze, das Zu- und Abschalten der Magneterregung sowie das Einstellen von Stromstärke und Stromrichtung geschieht von der Steuertafel aus. Die Fernsteuerung der Gleichstromkreise ist zusätzlich vom zentralen Steuerraum der Experimentierhalle als auch von transportablen Steuereinheiten in der Experimentierhalle aus möglich. Ein entsprechendes System wurde von CERN entwickelt.

Der Generatorstrom kann mit zwei verschiedenen Verstellgeschwindigkeiten des ferngesteuerten Sollwertpotentiometers eingestellt werden. Bei schneller Grobeinstellung wird der gesamte Bereich in etwa 1 min durchfahren. Bei langsamer Verstellgeschwindigkeit mit etwa 30 min für den gesamten Bereich ($0,5\text{‰}$ je s) ist die Feineinstellung je nach der geforderten Genauigkeit bis $0,1\text{‰}$ des Generatornennstromes möglich.

Wegen der hohen Induktivität der Magnete wurden keine Selbstschalter in die Gleichstromkreise eingebaut. Das Zu- und Abschalten der Magnete wird daher mit ferngesteuerten Kurzschließerschaltern im Line-Selector vorgenommen. Bei unerregtem Generator (elektrisch verriegelt) werden die Generatoranschlüsse hinter den Shunts kurzgeschlossen. Es ist dann möglich, die Magnetanschlüsse gefahrlos aufzutrennen und Umschaltungen vorzunehmen, ohne den Umformersatz stillzusetzen.

Der Generator wird bei Kurzschluß und Überstrom über Relaiskombinationen durch Schnellentregung mit doppelter Feldschwächung und Stillsetzung des Umformersatzes geschützt. Weitere Relais und Meldeeinrichtungen dienen zur Erdschlußüberwachung und zum thermischen Überlastschutz der Motor- und Generatorerregerkreise. Überwachungseinrichtungen der Strahlungsmagnete schalten bei Störungen die Magnet- speisung ab und geben eine Meldung.

Betriebsmeßinstrumente in den Steuertafeln ermöglichen die Grobeinstellung und Überwachung während des Betriebes. Die auf 1‰ genaue Strommessung geschieht mit Digitalvoltmetern, die an die Präzisions-Shunts angeschlossen sind. Die Digitalvoltmeter ermöglichen das Messen von Shuntspannungen zwischen 0,1 mV und 1,0 V, denen Ströme zwischen 0,1 A und 1000 A entsprechen.

Der Transistor-Zweipunktregler ist nach dem Einschubsystem aufgebaut. Der Magnet-Kippverstärker mit Motor-Potentiometer für Zusatzeinspeisung, ferner die Bauelemente des Sollwertkreises (ohne Konstanthalter) und eine Meßeinrichtung für Reglerstörung sind in einem Einschub gemeinsam untergebracht. Ein weiterer Einschub enthält vier Konstanthalter mit den zugehörigen Justierwiderständen. 30 Reglereinheiten sind in acht Reglerschränken (Bild 4) eingebaut.

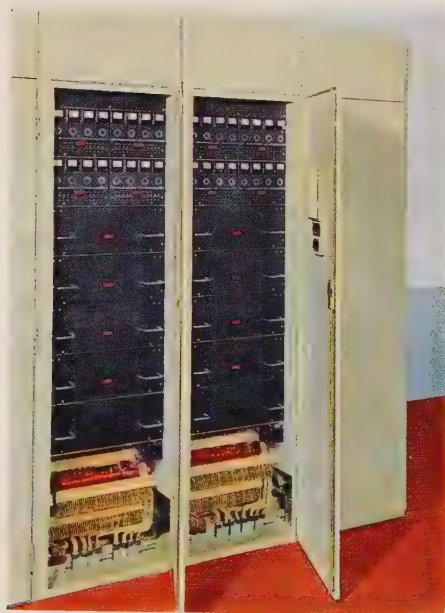


Bild 4
Reglerschrank
mit
Einschüben

Die untersynchrone
Stromrichter­kaskade,
ein hochwertiger Regelantrieb
für kleine Drehzahlstellbereiche

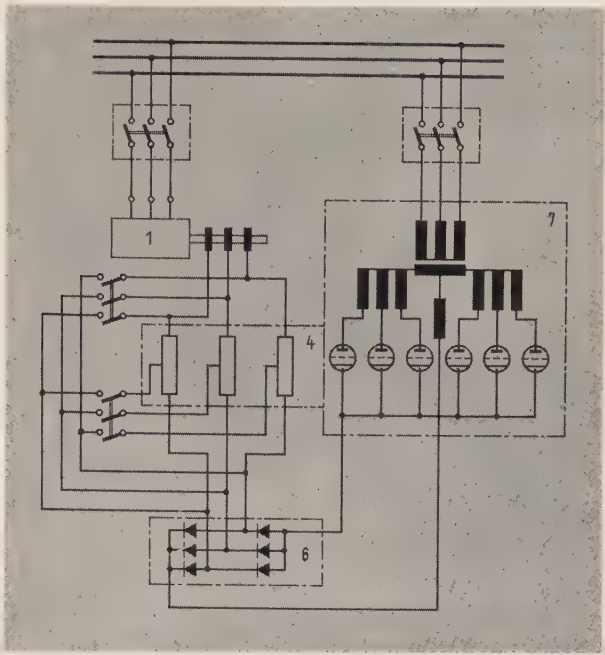
VON MANFRED MEYER

Als Antrieb für Verbraucher größerer Leistungen, die ein bestimmtes festes oder veränderliches Moment bei kontinuierlich verstellbarer Drehzahl benötigen, wird hauptsächlich die Gleichstrommaschine eingesetzt. Diese läßt sich, wenn sie in der Leonardschaltung [1] betrieben oder von einem Umkehrstromrichter [2] gespeist wird von ihrer positiven bis zur negativen Nenndrehzahl verlustarm und kontinuierlich steuern oder regeln. Bei Verbrauchern, die das Antriebsmoment nur in einer Richtung benötigen, deren Drehzahl aber von Null bis zur Nenndrehzahl kontinuierlich einstellbar sein soll, wird für die Speisung der Gleichstrommaschine nur eine Einstromrichterschaltung benötigt; hierdurch verringert sich der erforderliche Aufwand. Wird die Gleichstrommaschine über die Ankerspannung in ihrer Drehzahl gesteuert, so muß die Spannungsquelle, also der Umformer oder der Stromrichter, für die bei Nenndrehzahl auftretende höchste Spannung und für den Nennstrom ausgelegt werden.

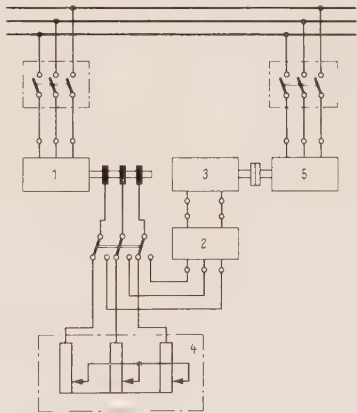
Nun gibt es aber auch Verbraucher, die nur einen kleinen Drehzahlstellbereich, z. B. zwischen 70 und 100% der Nenndrehzahl, benötigen und verlustarm und schnell in ihrer Drehzahl geregelt werden sollen. Zu diesen gehören nicht nur Lüfter, Kreiselpumpen und Kompressoren, die Antriebe erfordern, deren mechanische Leistungsabgabe kubisch mit der Drehzahl steigt, sondern auch Schaufelräder, Gummi- und Kunststoffkneten, deren Drehzahl, je nach Dichte und Zustand des zu verarbeitenden Materials, in gewissen Grenzen einstellbar sein soll.

Als Antrieb für derartige Verbraucher eignet sich eine Asynchronmaschine, deren Schlupfleistung in einer Kaskadenschaltung [3] zurückgewonnen wird. Diese Schaltung braucht nur für die größte im Schleifringkreis auftretende Spannung, die dem verlangten Stellbereich proportional ist, und für den Nennstrom der Asynchronmaschine ausgelegt zu werden. Wird nur ein kleiner Drehzahlstellbereich benötigt, so kann dementsprechend der Aufwand an Geräten für die Kaskadenschaltung klein gehalten werden.

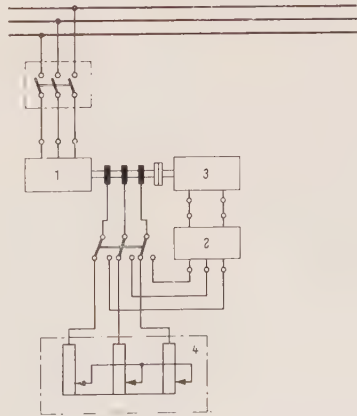
Bekannte Ausführungsbeispiele derartiger Schaltungen mit Gleichstromkaskade sind die Krämerkaskade (Bild 1)



Untersynchrone Stromrichter­kaskade



Scherbiuskaskade



Krämerkaskade

- 1 Asynchronmotor
- 2 Einankerumformer
- 3 Gleichstrommotor
- 4 Anfahrwiderstand
- 5 Asynchrongenerator
- 6 Silizium-Gleichrichter
- 7 Quecksilberdampf-Stromrichter

Bild 1 Grundschaltungen der Gleichstromkaskaden

und die Scherbiuskaskade (s. Bild 1). Werden bei der Scherbiuskaskade der Einankerumformer durch einen Gleichrichter und der aus Gleichstrommotor und Asynchrongenerator bestehende Umformersatz durch einen Wechselrichter ersetzt, so entsteht die untersynchrone Stromrichter-kaskade (s. Bild 1) [4]. Der Stromrichter hat gegenüber dem Maschinenumformer die bekannten Vorzüge eines ruhenden, kontakt- und trägheitslosen Stellgliedes, über die schon des öfteren geschrieben wurde [5, 6, 7].

Zunächst sei darauf hingewiesen, daß die untersynchrone Stromrichter-kaskade innerhalb des Drehzahlstellbereiches genau wie eine in Einstromrichterschaltung gespeiste Gleichstrommaschine nach dem TRANSIDYN*-Prinzip [8] geregelt werden kann und auch das gleiche gute Regelverhalten zeigt. Bild 2 veranschaulicht die Arbeitsweise der Schaltung bei plötzlicher Änderung des Drehzahl-sollwertes und Belastung des Antriebes mit konstantem Gegenmoment. Von der nach dem Sollwertstoß auftretenden großen Sollwert-Istwert-Differenz wird der Drehzahlregler übersteuert. Seine Ausgangsbegrenzung begrenzt den Stromsollwert i_g^* , der dem Stromregler zugeführt wird. Der Antrieb läuft demzufolge mit konstantem Strom hoch, bis der Drehzahlwert n annähernd dem Drehzahl-sollwert n^* entspricht; dann wird der Strom auf den Wert zurückgenommen, der erforderlich ist, um das Belastungsmoment aufzubringen. Bei Abwärtsstößen wird der Strom auf einen kleinen Grundwert, der der Lückgrenze im Gleichstrom-zwischenkreis entspricht, herabgesetzt, und der Antrieb bremst sich am Gegenmoment ab.

Es soll nun der Hauptstromkreis bei der untersynchronen Stromrichter-kaskade in der Richtung des Energieflusses untersucht werden (s. Bild 1). Die Ständerseite der Asynchronmaschine liegt über einen Leistungsschalter am Drehstromnetz. Die aus dem Netz aufgenommene und um die Maschinenverluste verminderte Leistung teilt sich schlupfproportional in die an der Welle abgegebene mechanische Leistung und die an den Schleifringen anfallende Schlupfleistung auf. Die Schlupfleistung fließt über Anlaßwiderstände, die kurzgeschlossen werden, sobald der Antrieb innerhalb des Drehzahlregelbereiches arbeitet, und über den Silizium-Gleichrichter in den Gleichstrom-zwischenkreis.

Der Gleichrichter, der in Drehstrombrückenschaltung aufgebaut ist, benötigt für die Kommutierung des Gleichstromes von einem Ventil auf das andere Kommutierungsblindleistung. Da diese über die Asynchronmaschine bezogen werden muß, wird deren Ausnutzbarkeit etwas kleiner, als sie es im normalen Kurzschlußbetrieb ist. Hinzu kommt noch die Verzerrung des Schleifringstromes durch Oberschwingungen, die den Effektivwert des Gesamtstromes größer als den Effektivwert des Grundschwingungsstromes werden läßt. Ins-

gesamt kann die Asynchronmaschine in Kaskaden-schaltung bei Nennstrom, also bei Nennverlusten, etwa 91 bis 97% ihres für Kurzschlußbetrieb angegebenen Nennmomentes abgeben – das kleinere Moment bei großem Schlupf und das größere bei kleinem Schlupf.

Während der Antrieb hochläuft, fällt an den Anlaufwiderständen die Spannung ab, die der Gleichstrom-zwischenkreis, der nur für den kleinen Regelbereich ausgelegt ist, nicht aufnehmen kann. Die Anfahrwiderstände werden während des Hochlaufs stufenweise überbrückt. Der Anfahrvorgang wird elektronisch gesteuert, so daß die Regelung immer im Eingriff bleiben und der Antrieb mit konstantem Strom, also konstantem Moment, hochgefahren werden kann. Bild 3 zeigt die charakteristischen Größen während eines Hochlaufvorganges gegen linear mit der Drehzahl ansteigendes Gegenmoment. Die Spitzen im Gleichstrom geben die Zeitpunkte an, in denen die Widerstandsstufen überbrückt werden.

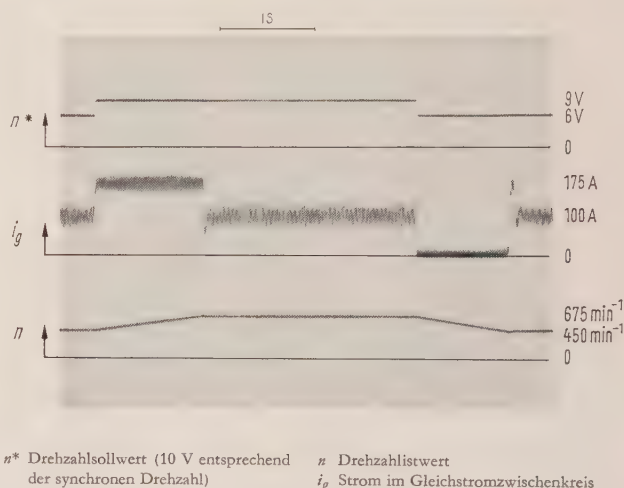


Bild 2 Verhalten des mit konstantem Gegenmoment belasteten Antriebes bei sprunghaft verändertem Drehzahl-sollwert

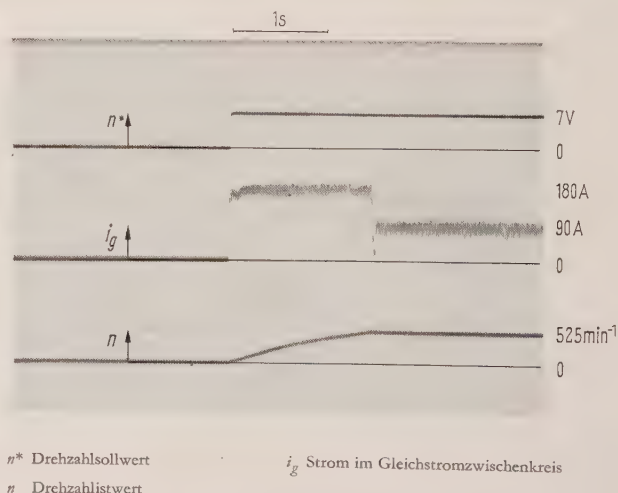


Bild 3 Verhalten des Antriebes während des Anlaufes; das Gegenmoment steigt linear mit der Drehzahl an

* Eingetragenes Warenzeichen

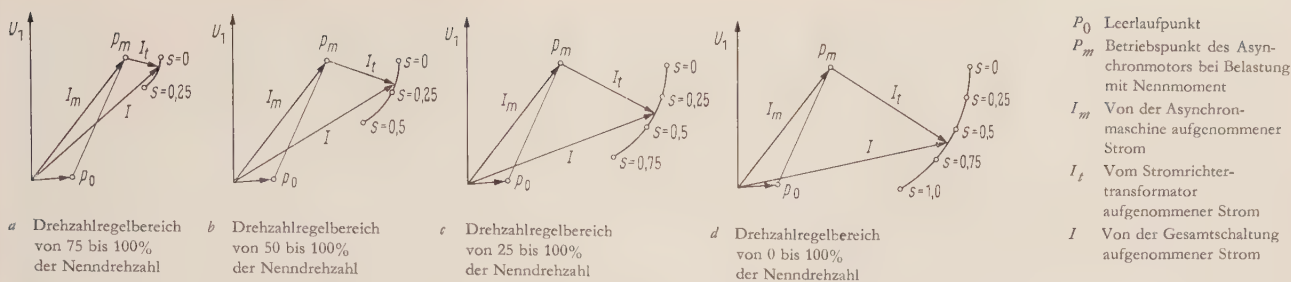


Bild 4 Ortskurve der untersynchronen Stromrichter-kaskade bei Belastung des Antriebes mit Nennmoment für verschiedene Drehzahlregelbereiche

Der Silizium-Gleichrichter muß für die ideelle Gleichstromleistung

$$P_{g01} = s_{\max} P_{L\max}$$

ausgelegt werden, wobei s_{\max} der an der unteren Grenze des Drehzahlregelbereiches auftretende Schlupf ist. $P_{L\max}$ ist die maximale in der Maschine auftretende Luftspaltleistung, die, von den Läuferverlusten abgesehen, gleich der maximal abgegebenen Leistung ist. Die maximale Betriebsleistung muß eingesetzt werden, weil die Siliziumzellen nur eine kleine Wärmekapazität haben.

Im Gleichstromzwischenkreis ist eine Glättungsdrossel eingebaut, an der ein Teil der vom Wechselrichter hervorgerufenen 300-Hz-Oberschwingungsspannung abfällt.

Der als Wechselrichter arbeitende Quecksilberdampf-Stromrichter wird meistens in Saugdrosselschaltung ausgeführt. Begrenzt man, um ein Kippen des Wechselrichters zu vermeiden, den Steuerbereich auf einen maximalen Steuerwinkel von 150° , so ergibt sich, wenn die Brennspannungen der Ventilströcke vernachlässigt werden, die ideelle Gleichstromleistung des Stromrichters zu

$$P_{g02} = 1,15 s_{\max} P_L$$

Bei der Dimensionierung des Quecksilberdampf-Stromrichters braucht, wegen der größeren Integrierzeit der Hg-Stromrichterventile, meistens nur die effektive Luftspaltleistung P_L berücksichtigt zu werden.

Vom Stromrichtertransformator fließt die Schlupfleistung über einen Leistungsschalter in das speisende Drehstromnetz zurück.

Zur Beurteilung eines Antriebes ist es wichtig, die Ortskurve seines Stromes in Abhängigkeit vom Betriebszustand zu kennen, um so seinen Wirk- und Blindleistungsbedarf überblicken zu können. Bild 4 zeigt die Ortskurven einer mit Nennmoment belasteten untersynchronen Stromrichter-kaskade für verschiedene Drehzahlstellbereiche, wobei die Schlupfwerte als Parameter eingetragen sind. Der Arbeitspunkt P_m der Maschine ist in allen vier Fällen der gleiche, die Größe des vom Stromrichtertransformator aufgenommenen Stromes ändert sich jedoch mit der Größe des Drehzahlregelbereiches. Aus der Darstellung ist zu ersehen, daß die Blindleistungsaufnahme der Gesamtschaltung mit steigendem Regelbereich größer wird.

Die Verluste der Gesamtschaltung ergeben sich aus der Addition von Maschinenverlusten und Stromrichter-verlusten. Auf die Maschinenverluste soll hier nicht eingegangen werden. Die Stromrichterverluste P_{Vst} setzen sich aus den Ventilverlusten und den Kupfer- und Eisenverlusten von Stromrichtertransformatoren und Glättungsdrossel zusammen. Sie betragen, bezogen auf die Luftspaltleistung der Maschine, bei gut in ihrer Spannung ausgenutzten Stromrichterventilen etwa:

$$\frac{P_{Vst}}{P_L} \approx (0,046 \dots 0,08) s_{\max}$$

Dabei entspricht die untere Grenze einer ideellen Gleichstromleistung des Stromrichters von 2 MW und die obere einer solchen von 100 kW.

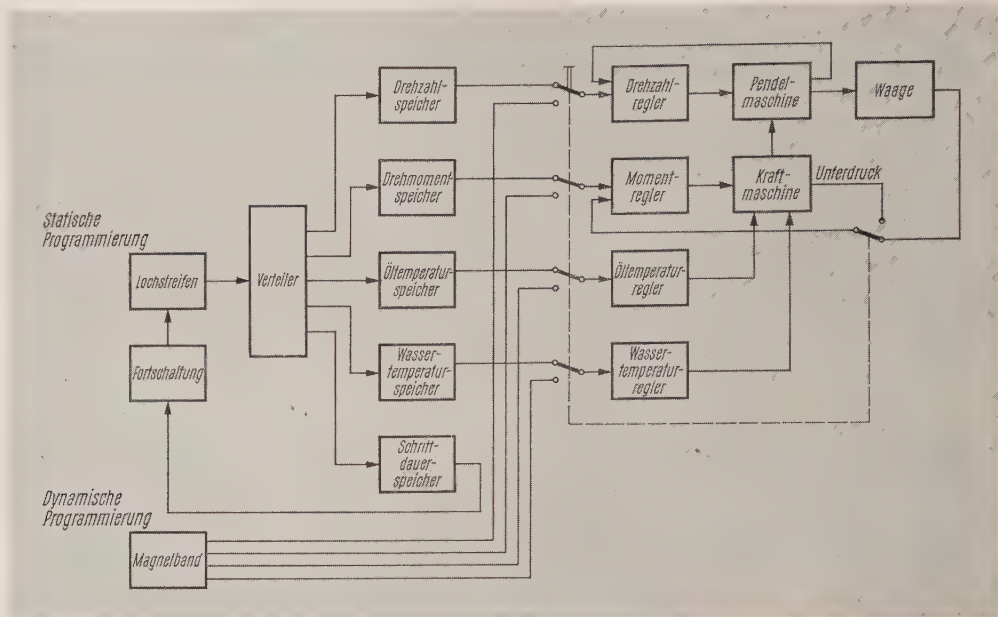
Untersucht man die Blindleistungsaufnahme, die immer größer ist als die einer stromrichtergespeisten Gleichstrommaschine, den Wirkungsgrad und den Geräteaufwand, so ergibt sich, daß der untersynchronen Stromrichter-kaskade bis zu einem Drehzahlregelbereich von etwa 1:2 der Vorzug vor der über eine Einstromrichterschaltung gespeisten Gleichstrommaschine zu geben ist. Bei Leistungen, die die Grenzleistung der Gleichstrommaschine überschreiten, wird auch ein größerer Regelbereich in Betracht kommen.

Zusammengefaßt läßt sich feststellen: Die nach dem TRANSIDYN-Prinzip geregelte untersynchrone Stromrichter-kaskade ist ein hochwertiger Regelantrieb für kleine Drehzahlstellbereiche. Sie bietet sich für viele Aufgaben an, die es im Rahmen der Rationalisierung und Automatisierung zu lösen gilt.

Schrifttum

- [1] Richter, R.: Elektrische Maschinen. Verlag Birkhäuser Basel 1951
- [2] Möltgen, G.: Stromrichter in Kreuzschaltung und Gegenparallelschaltung. Siemens-Zeitschrift **30** (1956) 580 bis 585
- [3] Bödefeld, Th. und Sequenz, H.: Elektrische Maschinen. Springer-Verlag, Wien 1949
- [4] Stöhr, M.: Vergleich zwischen Stromrichtermotor und untersynchroner Stromrichter-kaskade. E. u. M. **57** (1959) 581 bis 591
- [5] Zenneck, H.: Erfahrungen mit Silizium-Gleichrichtern. Siemens-Zeitschrift **32** (1958) 122 bis 128
- [6] Meissen, W.: Steuerung von Quecksilberdampf-Stromrichtern mit Transistor-Gittersteuersätzen. VDE-Fachberichte **20** (1958)
- [7] Bosch, M., Schmalenberg, W. und Wesselak, F.: Ein neues Einanodengefaß für Stromrichter kleiner Leistung. Siemens-Zeitschrift **33** (1959) 213 bis 216
- [8] Kessler, C., Meinhardt, W., Ncußer, I. und Rube, G.: Die Gleichstromfördermaschine mit Siemens-TRANSIDYN-Regelung. Regelungstechnik **6** (1958) 328 bis 333

Bild 1 Digitale Programmregelung für eine Pendelmaschine



Digitale Programmregelung für Prüfstände der Kraftfahrzeugindustrie

VON WERNER LEONHARD UND SIEGFRIED WALLER

Regeleinrichtungen und elektronische Meßgeräte ermöglichen eine beachtliche Rationalisierung der Arbeiten auf den Entwicklungsprüfständen der Kraftfahrzeugindustrie. Die Bedienung wird einfacher, und die Meßergebnisse lassen sich schneller und sicherer ermitteln. Daneben gewinnen wirklichkeitsnahe Dauerversuche immer mehr an Bedeutung.¹⁾

Es ist naheliegend, beispielsweise den zu prüfenden Motor in ein Fahrzeug einzubauen und ihn durch Befahren von Gebirgsstrecken und Autobahnabschnitten sowie in Stadtfahrten zu erproben. Ein solcher Versuch läßt gültige Aussagen zu, wie groß unter den wirklichen Fahrbedingungen z. B. der Verschleiß des Motors und der Kraftstoff- und Ölverbrauch sind. Dieses Prüfverfahren hat aber den Nachteil, daß Umweltbedingungen, wie Witterung, Straßenzustand, Verkehrsdichte und Verhaltensweise des Fahrers, das Ergebnis beeinflussen. Ein Vergleich zweier Testfahrten ist somit nur bedingt möglich. Man strebt daher an, diese Erprobung weitgehend auf den Prüfstand zu verlegen. Dies setzt eine möglichst getreue Nachbildung der bei einer Straßenfahrt vorliegenden Verhältnisse unter Wahrung des zeitlichen Verlaufes der wesentlichen Betriebsgrößen voraus. Beim Verbrennungsmotor sind dies die Drehzahl, das Drehmoment bzw. der Unterdruck in der Ansaugleitung, die Öl- und Wassertemperatur, beim Schalt- und Hinterachs-

getriebe oder beim Drehmomentwandler die Drehzahl, das übertragene Moment und die Öltemperatur, bei der Fahrzeugbremse die Drehzahl, das Bremsmoment und die Temperatur der Bremsstrommel.

Die nachstehend beschriebene aus SIMATIC*-Bauteilen aufgebaute digitale Programmregelung ermöglicht es, den zeitlichen Verlauf der interessierenden Betriebsgrößen nach vorher festgelegten oder experimentell aufgenommenen Programmen beliebig oft zu reproduzieren.

Programmregelung

Die Betriebsgrößen können stufenweise oder stetig vorgegeben werden. Form und Genauigkeit des Sollwertverlaufes bestimmen die Wahl des Programmträgers.

Für die stufenweise Veränderung einer oder gleichzeitig mehrerer Regelgrößen bietet sich der aus der Fernschreibtechnik bekannte Lochstreifen an. Die Information für jeden Programmschritt, d. h. die Sollwerte für die Betriebsgrößen und die Schrittdauer, werden hierbei durch einen Block von Zeichen dargestellt. Jeder Sollwert wird durch eine Adresse und einen numerischen Wert gekennzeichnet. Für jeden Schritt sind jeweils nur die zu verändernden Größen zu programmieren. Das Fortschaltkommando für den Streifenabtaster wird selbsttätig entweder nach Ablauf der für den Programmschritt vorgesehenen Zeit oder nach Eintreten einer vorgegebenen Versuchsbedingung gegeben. Hierbei werden die in Serie ankommenden Zeichen eines Informationsblockes

¹⁾ Waller, S.: Automatisierung in Entwicklungsprüfständen der Kraftfahrzeugindustrie. Siemens-Zeitschrift 32 (1958) 436 bis 441

* Eingetragenes Warenzeichen

in die zugehörigen Sollwert-Speicher übertragen; der vorhergehende Speicherwert wird dabei gelöscht.

Mit einem Lochstreifen als Programmträger in Verbindung mit digitalen Regelverfahren läßt sich eine absolute Langzeit-Genauigkeit von $< 10^{-3}$ erreichen. Dabei müssen die Meßgrößen auf dem Prüfstand mit einer entsprechend kleinen Meßunsicherheit verfügbar sein, wie dies beispielsweise bei der Drehzahl oder dem mit einer Drehmomentwaage gemessenen Moment der Fall ist. Man wird Lochstreifen deshalb überall dort mit Vorteil einsetzen, wo man auf die digitale Vorgabe der Regelgrößen und eine genaue Reproduzierbarkeit Wert legt, wie etwa bei quasi-statischen Vergleichsmessungen.

Eine angenähert stetige Veränderung der Regelgrößen erfordert einen Programmträger, dessen Zugriffszeit sehr klein ist, so daß man eine zeitlich dichte Folge von Sollwerten erhalten kann. Das Magnetband bietet durch seine hohe Speicherdichte in mehreren parallelen Kanälen und den praktisch kontinuierlichen Informationsfluß die notwendigen Voraussetzungen hierfür. Die einzelnen Meßwerte werden bei einer Versuchsfahrt auf das Band geschrieben und dort gespeichert. In der Sollwertwiedergabe ist deshalb die volle Dynamik des vorausgegangenen Fahrversuchs enthalten. Es ist allerdings zu beachten, daß kurzzeitige Drehzahl- oder Momentspitzen durch die sehr unterschiedlichen Schwungmassen im Wagen und auf dem Prüfstand sowie durch die Trägheit der Regelkreise verschliffen werden.

Um einfache, robuste und leichte Magnetbandgeräte verwenden zu können, bei denen keine besonderen Anforderungen an die Linearität und Phasentreue der Verstärker gestellt werden, wurde eine Pulsaufzeichnung gewählt. Hierzu müssen die analogen Gebersignale in proportionale Pulsfrequenzen umgeformt werden.

Die Genauigkeit der Programmregelung wird, außer von der Meßwerterfassung und -umformung, von der Ganggenauigkeit und dem Schlupf des Magnetbandgerätes beeinflusst. Sie liegt bei einfachen, tragbaren Aufnahmeeinrichtungen im Bereich von wenigen Prozent. Die Programmierung mit Magnetband ist deshalb immer dann

interessant, wenn nicht so sehr die Genauigkeit, sondern die Annäherung an den wirklichen Fahrversuch im Vordergrund steht. Außerdem bietet sich mit dieser Anordnung auf einfache Weise die Möglichkeit, ein idealisiertes Programm auf seine Brauchbarkeit hin zu prüfen.

Bild 1 zeigt die vier Wirkungsketten eines Kraftmaschinenprüfstandes zur Regelung der Drehzahl, des Drehmoments, der Wasser- und der Öltemperatur. Bei statischer Programmierung werden die Sollwerte blockweise dem Lochstreifenabtaster entnommen und über Transistorzwischenpeicher den Regelkreisen zugeführt. Bei dynamischer Programmierung werden die Regelkreise unmittelbar vom Magnetband gesteuert.

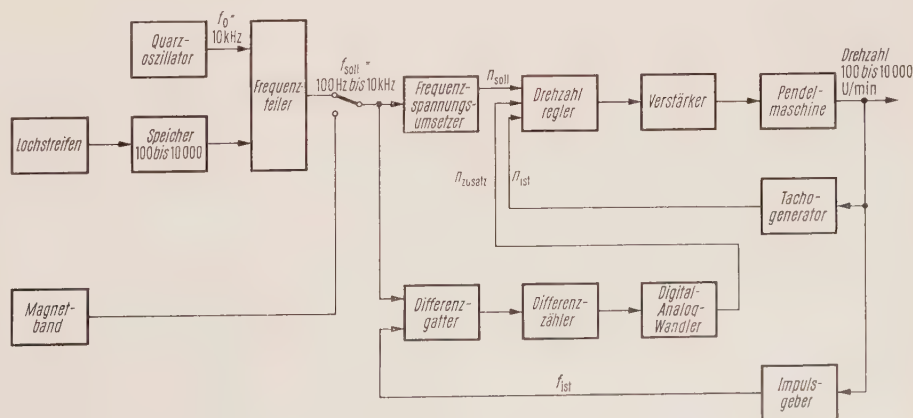
Aufbau der Programmregelung

Bild 2 zeigt das Blockschaltbild des Drehzahlkanals. Bei statischer Programmierung wird die dekadisch verschlüsselte Sollzahl dem Zwischenspeicher zugeführt. Der Bereich der Sollzahl beträgt 10000, wobei eine Einheit einer Umdrehung je Minute entspricht. In Anlehnung an Arbeiten von C. I. JONES bei Westinghouse Electric Corp. wird die Sollzahl in einem quartzgesteuerten Frequenzteiler auf Zählbasis in eine Soll-Pulsfolge abgebildet, die als Sollfrequenz f_{soll} für den Drehzahlregler dient. Ist die Quarz-Bezugsfrequenz $f_0 = 10 \text{ kHz}$ und die Sollzahl 7823, entsprechend 7823 U/min, dann liefert der Frequenzteiler 7823 Pulse je Sekunde.

Als Taktgeber enthält der Frequenzteiler zunächst einen vierstelligen Dezimalzähler, der mit der Bezugsfrequenz f_0 ständig in einer Richtung durchgezählt wird. Dabei laufen die einzelnen Zähldekaden mit den Frequenzen 1000, 100, 10 und 1 Hz um. Bei jedem Umlauf wird jeder Dekade die der zugeordneten Ziffer der Sollzahl entsprechende Zahl von Pulsen entnommen. Eine geeignete Synchronisation sorgt dafür, daß sämtliche Pulse nichtkoinzident sind und sich additiv zu einer gemeinsamen Pulsreihe zusammenfassen lassen.

Da die Sollpulse durch Unterdrücken einzelner Perioden der Bezugsfrequenz entstehen, ergeben sich nur bei

Bild 2 Digitale Programmregelung für eine Pendelmaschine (Drehzahlkanal)



wenigen bestimmten Sollzahlen äquidistante Pulsfolgen. In allen anderen Fällen treten periodische Pulsgruppen auf, deren Periode von der Bezugsfrequenz und der Sollzahl abhängt. Der Grad der Ungleichförmigkeit läßt sich durch zweckmäßigen Entwurf der Teilerschaltung klein halten. Im günstigsten Fall führt z. B. eine ungerade Ziffer in der vierten Stelle der Sollzahl zu einer Ungleichförmigkeit der Sollpulsfolge von etwa $0,1\%$ der maximalen Frequenz, d. h. zu einer Solldrehzahlschwankung von etwa $0,1\%$ mit einer Frequenz von 1 Hz. Die den höheren Dekaden des Teilers entnommenen Pulsfolgen weisen, jeweils für sich betrachtet, eine entsprechend höhere Frequenz der periodischen Störung auf. Ihre Auswirkung auf die Regelung kann daher vernachlässigt werden.

Bei dynamischer Programmierung mit stetig veränderlicher Vorgabe wird die Soll-Pulsfolge nicht dem Frequenzteiler, sondern unmittelbar dem Magnetband entnommen.

Die Soll-Pulsfolge wird nun zunächst in einem Frequenz-Spannungs-Umsetzer in eine proportionale Spannung umgesetzt, die als Sollwert für eine normale analoge Drehzahlregelung dient. Diese hat den Vorteil hoher dynamischer Güte bei geringem gerätetechnischem Aufwand. Der Umsetzer besteht aus einer Pulsformerstufe, die je Sollpuls einen Einheitspuls bestimmter Spannungs-Zeit-Fläche erzeugt, sowie einer Schaltung zur Mittelung der entstehenden Pulsreihe. Die Umsetzung ist mit einer Ungenauigkeit von etwa $\pm 2\%$ behaftet.

Die vom Frequenzteiler oder vom Magnetband kommende Soll-Pulsfolge wird außerdem in einem Differenzgatter mit der vom Wechselstromtachometer oder einer Pulsgeberscheibe bezogenen Ist-Frequenz verglichen. Aus den nicht korrelierten Soll- und Ist-Pulsreihen werden positive und negative Differenzpulse gebildet und einem Differenzzähler zugeführt. Sein Stand wird ausgewertet und über einen Digital-Analog-Wandler in Form eines kleinen Zusatz-Sollwertes in den analogen Drehzahlregler eingespeist. Der digitale Zusatzregler verhält sich damit wie ein integraler Drehzahlregler.

Der Digital-Regler als Zusatzgerät zum Analogregler hat gegenüber einem rein digital arbeitenden Regler folgende wesentliche Vorteile:

1. Da dem Digital-Regler nur die Ausregelung verhältnismäßig langsamer Vorgänge obliegt, kann eine niedrigere Pulsfrequenz (maximal etwa 10 kHz) verwendet werden. Dies führt zu schmalbandigen Übertragungsleitungen und geringer Störanfälligkeit.
2. Der Aufwand ist geringer, da die Funktion einfacher ist und der Stellbereich des digitalen Reglers nur den Fehlerbereich des analogen Reglers zu überdecken braucht.
3. Sollte der Digital-Regler einmal gestört sein, so kann ein analoger Notbetrieb aufrechterhalten werden.

Gegenüber digitalen Schrittreglern mit vergleichbarer Pulsfrequenz hat der vorliegende kontinuierlich wirkende Regler den Vorzug erhöhter dynamischer Güte, da die Totzeit entfällt.

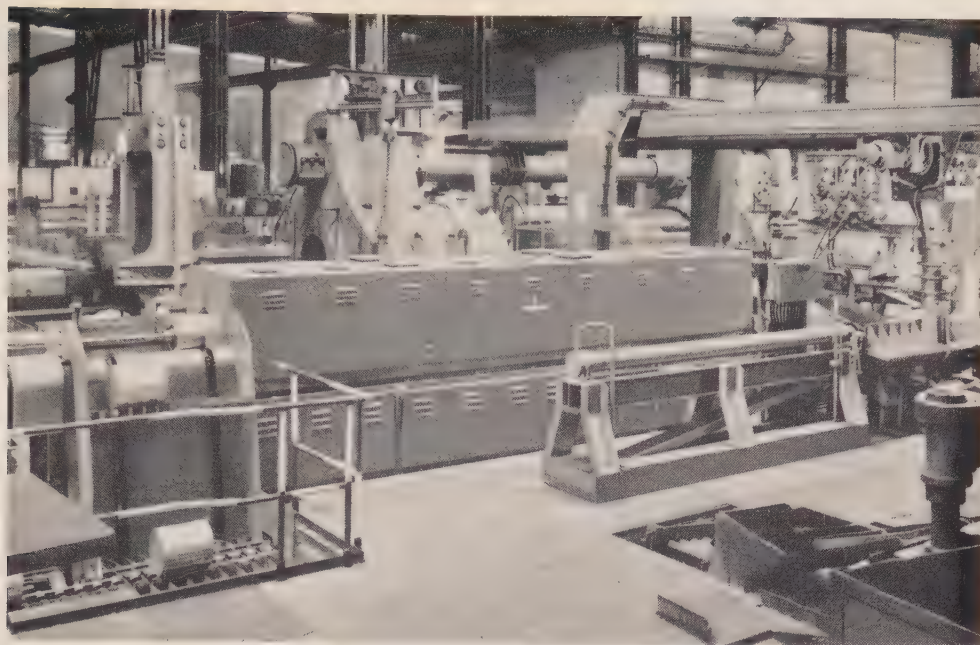
Der Drehmomentkanal ist ähnlich wie der Drehzahlkanal aufgebaut. Bei statischer Programmierung wird auch hier die Sollzahl, maximal ± 1200 Einheiten, aus dem Lochstreifen in einen Transistorzwischenpeicher eingegeben. Das Drehmoment wird mit der Neigungsgewichtswaage einer Pendelmaschine gemessen. Die Stellung der Zeigerachse wird an einer Schlitzscheibe fotoelektrisch abgetastet und vorzeichenrichtig in einen Istwertzähler übertragen. Aus den Zahlenwerten des Sollwertspeichers und des Istwertzählers wird das Integral der Regelabweichung gebildet und als Korrektur dem schnellwirkenden analogen Drehmomentregelkreis zugeführt. Dieser erhält seinen Sollwert über einen Digital-Analog-Wandler aus dem Sollwertspeicher. Für den Istwert muß eine Ersatzgröße, z. B. der Unterdruck in der Ansaugleitung eines Benzinmotors, herangezogen werden, weil die Neigungsgewichtswaage infolge ihres Einschwingverhaltens für die dynamische Messung ungeeignet ist.

Bei dynamischer Programmierung mit Magnetband wird während des Fahrversuches die Ersatzgröße für das Drehmoment unmittelbar aufgezeichnet und auf dem Prüfstand als Führungsgröße eingegeben. Neben der Unterdruckmessung kommen hierfür die direkte Torsionsmessung an der Motorwelle oder eine Drosselklappen-Stellungsmessung in Betracht. In den ersten beiden Fällen sind analoge Meßgeber mit einer der Meßgröße proportionalen Ausgangs-Gleichspannung verwendbar, die in eine Pulsfolge umgesetzt werden kann. Bei der Drosselklappen-Stellungsmessung kann die Regelgröße mit einem digitalen Geber unmittelbar als Zahl oder Frequenz ausgewertet werden.

Um unabhängig von örtlichen Fehlern des Magnetbandes zu sein, werden die Sollwerte als Pulsfolge-Frequenzen auf dem Magnetband gespeichert. Liegen auch die Istwerte der Ersatzgrößen für das Moment und die Temperaturen in Form von Puls-Frequenzen vor, so kann wie bei der Drehzahlregelung das Verfahren des digitalen Frequenzvergleichs angewendet werden. Wegen der verminderten Genauigkeit bei dynamischer Programmierung läßt sich der Aufwand gegenüber der Drehzahlregelung verringern.

Zur Erfassung der Istwerte für Öl- und Wassertemperatur bedarf es eines analogen Temperaturfühlers, der die Genauigkeit auf etwa 1% des Bereichs begrenzt. Dies ist für den praktischen Bedarf ausreichend. Da sich bei den Temperaturregelungen die Soll- und Istwerte nur langsam ändern, besteht bei dynamischen Versuchen die Möglichkeit der Mehrfachausnutzung von Magnetbandkanälen.

Bild 1 50-Hz-Niederfrequenzanlage zur induktiven Erwärmung von Blöcken



Elektrische Ausrüstung von Anlagen für induktive Erwärmung

VON WILHELM MOSCH

Die induktive Erwärmung wird in letzter Zeit immer häufiger angewendet. Die hierfür benötigten Leistungen sind sehr unterschiedlich. Sie betragen 1 bis 200 kW bei Hochfrequenz-(HF-)Anlagen und bis zu mehreren 1000 kW bei Netzfrequenz-(NF-) und Mittelfrequenz-(MF-)Anlagen.

Bild 1 zeigt eine Niederfrequenzanlage zur induktiven Erwärmung von Blöcken, die im letzten Jahr von den Siemens-Schuckertwerken in Betrieb genommen wurde. Die Anlage hat einen Anschlußwert von etwa 1500 kVA. Mit ihr werden 900 mm lange Leichtmetallbolzen mit dem Durchmesser von 350 mm auf 540 °C erwärmt. Die Durchsatzmenge beträgt 3,5 t/h.

Die Anlage arbeitet weitgehend vollautomatisch. Die elektrische Ausrüstung ist so ausgeführt, daß jede gewünschte Temperaturerhöhung während des Erwärmungsvorgangs eingestellt werden kann.

Wird in das Innere einer von Wechselstrom durchflossenen Spule ein elektrisch leitendes Werkstück eingelegt, so werden in diesem Gut Sekundärströme induziert, die einen Temperaturanstieg zur Folge haben. In Abhängigkeit von der Leistung P und der Erwärmungszeit t kann das Werkstück um die geforderte Temperaturerhöhung ΔT erwärmt werden:

$$\Delta T = \frac{P t}{c M}$$

(c Spezifische Wärme des Materials)

(M Masse des zu erwärmenden Materials)

Mit diesem Verfahren können Temperaturen bis etwa 2500 °C erreicht werden. Der Anwendungsbereich erstreckt sich vom Erwärmen für Trockenvorgänge und dem Warmformen bis zum Schmelzen und Sintern.

Da der induzierte Strom unmittelbar die äußere Schale des Behandlungsgutes erwärmt, werden die Durchwärmzeiten gegenüber der indirekten Erwärmung wesentlich kürzer. Zusätzlich kann erreicht werden, daß die Erwärmung nur dort entsteht, wo sie genutzt werden soll (partielles Erwärmen). Der induzierte Strom sinkt im Werkstück mit dem Abstand x von der Oberfläche nach der Funktion

$$I_x = I_0 e^{-x/\delta}$$

(I_0 Strom an der Oberfläche des Werkstücks)

Mit δ wird die elektrische Eindringtiefe bezeichnet, bei der der elektrische Strom auf den Wert e^{-1} gesunken ist. Die Eindringtiefe nimmt mit steigender Frequenz ab. Wirtschaftlich ist dieses Verfahren dann, wenn der Durchmesser des Werkstücks mindestens $3,5 \delta$ ist. Tafel 1 zeigt den Einsatz der verschiedenen Frequenzen bei der induktiven Erwärmung.

Da der induktive Widerstand der mit dem Werkstück beschickten Spule sehr groß gegenüber dem Wirkwider-

Energiequelle	Starkstromnetz	Maschinenumformer				Röhrengeneratoren		
Bezeichnung	Netzfrequenz	Mittelfrequenz				Hochfrequenz		
Frequenz Hz	50 (40 bis 60)	500	2000	4000	10000	1 · 10 ⁵ bis 5 · 10 ⁶		
Leistung kW je Einheit	10 bis 2000	100 bis 3000	30 bis 600	30 bis 200	10 bis 200	1 bis 5	5 bis 50	100 bis 200
Maximal induzierbare Leistung kW/cm²	0,1	0,25	0,6	0,8	2	10 bis 30		
Elektrische Eindringtiefe bei Stahl 1000 °C (μ = 1) mm	70	23	11	8	5	2 bis 0,3		
Schmelzen und Sintern	In Luft bzw. im Vakuum schlechter als 10 ⁻⁴ Torr							
	1t <	10 t> Einsatzgewicht				> 1 kg		< 1 kg
				im Vakuum besser als 10 ⁻⁴ Torr				
Schweißen				Rohre induktiv				
Härten		1000>	Abmessungen in mm		> 10	< 60		
		30>	Einhärtetiefe in mm		> 2	< 3 bis 0,3		
Löten	Weich- und Hartlöten mit Kupfer-, Silber- und Sonderloten							
	große und kleine Flächen							kleine und dünne Teile
Anlassen		große Teile				kleine Teile (Draht)		
Durcherwärmen Stahl und Eisen Metalle	150 ∅ <		in Schmiede-, Preß- und Walzwerk		14 ∅		< 15 ∅	
	200 ∅ >		Werkstücke in mm					
	50-100 ∅ <	250>	Werkstücke in mm		> 4 bis 8 ∅		> 0,5 bis 1 ∅	
Glühen	Weich-, Spannungsfrei- und Rekristallisationsglühen							
	große Teile, z.B. Nähte an Rohren							(600 bis 800 °C)
								kleine Teile
Erwärmen bis etwa 300 °C	Aufschrumpfen, Erwärmen von Pipelines, Kesseln, Behältern			z.B. Trocknen von Schweißelektroden Erwärmen von Bändern, Platten usw.				

Tafel 1 Einsatz der verschiedenen Frequenzen bei der induktiven Erwärmung

stand ist, werden die Induktionsspulen bei Netzfrequenz- und Mittelfrequenzanlagen mit Kondensatoren auf $\cos \varphi \approx 1,0$ kompensiert. Die Transformatoren, MF-Generatoren, Schaltgeräte und Zuleitungen brauchen also überwiegend nur für den Wirkanteil ausgelegt zu werden. Bei Hochfrequenz-Röhrengeneratoren stellen diese Kondensatoren einen Teil des Schwingkreises dar und sind im Generator eingebaut*.

Bei Netzfrequenzanlagen wird der Verbraucher an das vorhandene Starkstromnetz ein- oder dreiphasig angeschlossen. In vielen Fällen wird die einphasige

Induktionsspule mit Drosselspule und Kondensatoren symmetriert.

Bei kleineren Leistungen können die Transformatoren und Kompensierungs-Kondensatoren eingespart werden. Der Aufbau der Anlage wird wie bei üblichen Starkstromnetzen ausgeführt.

Bei Mittelfrequenzanlagen werden vorzugsweise die üblichen Geräte der Starkstromtechnik eingesetzt, jedoch werden Umformer und Kondensatoren für diese Frequenz besonders ausgelegt. Zum elektrischen Teil einer derartigen Anlage gehören Maschinenumformer, Schaltanlage und Kondensatorbatterie (Bild 2).

Die Umformer bestehen meistens aus einem Einphasen-Generator und einem Asynchronmotor als Antrieb. Da

* Über Anlagen mit HF-Erwärmung wird in einem späteren Beitrag berichtet.

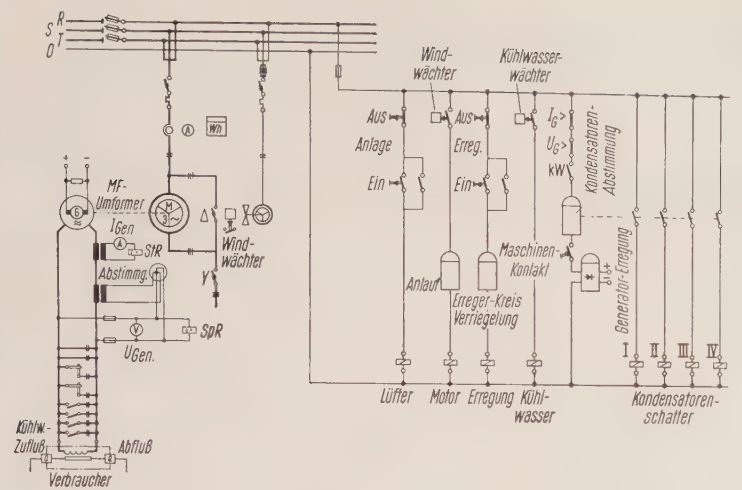


Bild 2 Grundsaltung einer Mittelfrequenzanlage für induktive Erwärmung

die Polzahl des Generators bei vorgegebener Drehzahl proportional der Frequenz wächst, können Mittelfrequenz-Generatoren aus konstruktiven Gründen nicht mehr in der üblichen Bauart als Schenkelpol-Maschinen ausgeführt werden. Bis zu etwa 1 kHz ist es noch möglich, Generatoren mit Wechselepolen zu verwenden. Statt eines Polrades mit angebauten Einzelpolen wird ein genuteter Läufer verwendet; die Zähne dieses Läufers bilden die Pole, in den Nuten ist die Erregerwicklung untergebracht. Bild 3 zeigt einen 500-Hz-Generator in Zweilagerausführung mit einer Leistung von 3000 kVA.

Maschinen-Generatoren zum Erzeugen von Frequenzen über 1 kHz arbeiten grundsätzlich mit einem fluktuierenden Gleichfeld. Hierbei wird mit Hilfe eines Zackenrades der magnetische Leitwert des Luftspaltes durch

die Zahnung im Takt der gewünschten Frequenz verändert und so der magnetische Gleichfluß moduliert. Für die Erzeugung der MF-Spannung wird die 1. harmonische der auf diese Weise gewonnenen Oberschwingungen verwendet. Maschinen, die nach diesem Prinzip arbeiten, sind der Lorenzgenerator mit Längserregerspulen, die Gleichpolmaschine mit Ringerregerspule sowie der Generator nach GUY, bei dem zum Erzeugen höchster Frequenzen Läufer und Ständer gezahnt sind. Für den Generatorständer werden hochlegierte Bleche mit besonders geringen Wirbelstromverlusten verwendet. MF-Kondensatoren haben hohe Leistungsdichte, so daß sie sehr klein werden. Die entstehende Verlustwärme wird durch zusätzliche Kühlung (Fremdlüftung oder Flüssigkeitskühlung) abgeführt oder durch ein verlustarmes Dielektrikum auf ein Minimum gesenkt.

Die Schaltanlage enthält die zum Einschalten, Überwachen und Steuern und gegebenenfalls auch zum Regeln der Anlage notwendigen Geräte. Bei kleineren Anlagen werden alle Schaltelemente und die Kondensatoren in einem Schaltschrank untergebracht. Da sich der elektrische Leistungsfaktor $\cos\varphi$ des Belastungskreises mit der Temperatur und den Werkstücksabmessungen ändert, werden zusätzliche Schaltgeräte eingebaut, mit denen die Kondensatorbatterie abgestimmt wird.

Größere Schaltanlagen werden nach den beim Kunden vorliegenden Verhältnissen gebaut; die Kondensatorbatterie wird dann in einem besonderen Raum aufgestellt.

Bei der Leitungsverlegung muß darauf geachtet werden, daß die Zuleitungen, besonders von den Kondensatoren, möglichst induktionsarm aufgebaut werden.

Die Erwärmungsmaschine oder -vorrichtung wird der jeweiligen Aufgabe entsprechend aufgebaut, sie fördert die zu erhaltenden Werkstücke durch die Induktionsspule, die durch ihre Form auf optimalen Wirkungsgrad ausgelegt wird. In fast allen Fällen bestehen diese Spulen aus Kupferrohr, das vom Kühlwasser durchflossen wird. Die Vorschubgeschwindigkeit oder der Arbeitstakt werden dem Arbeitsrhythmus der Fertigungsstraße oder Schmiedepresse angepaßt.

Anlagen zur induktiven Erwärmung haben sich in den letzten Jahren weitgehend durchgesetzt. Sie werden in vielen Fertigungsbetrieben, mit gutem Erfolg eingesetzt und haben allgemein zur Verbesserung des Arbeitsablaufes und der Qualität der Werkstücke beigetragen.

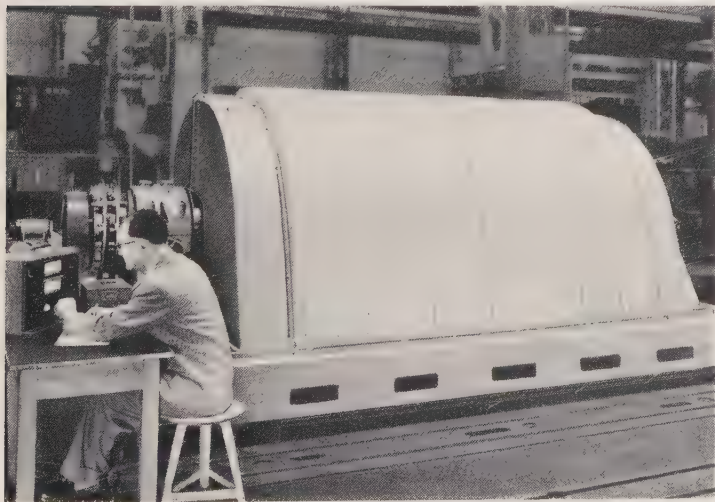


Bild 3 500-Hz-Mittelfrequenz-Umformer 3000 kVA im Prüffeld



Kondensations-Turbosatz 100/110 MW, 10,5 kV im Dampfkraftwerk St. Andrä (Österreich)

Er ist z. Z. der größte aller in österreichischen Dampfkraftwerken installierten Turbosätze und hat drei Gehäuse sowie einen dreiflutigen Niederdruckteil (Frischdampfzustand 180 atü, 525 °C; Zwischenüberhitzung auf 520 °C; Kühlwassertemperatur 8 °C)

Projektierung von Schaltanlagen mit dem Siemens-Lichtbogenlöscher

VON FRIEDRICH MEYER

Zweifelloos wird die offene Zellenbauweise bei Mittelspannungs-Schaltanlagen in absehbarer Zeit nicht an Bedeutung verlieren. Die Sichtbarkeit der gesamten Leitungsführung und die bequeme Zugänglichkeit zu allen Anlagenteilen sind dabei besonders ausschlaggebend. Die Gefahrenquelle frei brennender Kurzschlußlichtbögen wurde mit der Technik des Kurzschließens innerhalb der ersten Halbwelle endgültig beseitigt. Dieses als Lichtbogenlöschung bekanntgewordene Verfahren [1, 2, 3] ermöglicht es dem Schaltanlagenkonstrukteur, die offene Zellenbauform durch Weglassen sämtlicher Lichtbogen-schutzwände weiter zu vereinfachen. Es ist eine Frage künftiger Entwicklungsarbeiten, wie weit Aufbau und Montage dieser Anlagenart rationalisiert werden können.

Stahlblechgekapselte Schaltzellen sind so gebaut, daß sich ein darin auftretender Störlichtbogen nicht auf die Umgebung der Anlage auswirken kann. Zerstörungen an den eingebauten Geräten sind dabei nicht zu vermeiden, jedoch sollte berücksichtigt werden, daß das Zünden eines Lichtbogenkurzschlusses in diesen Anlagen bereits außerordentlich erschwert ist. Der Einbau von Lichtbogenlöschern (Bild 1) in stahlblechgekapselte Anlagen dient deshalb außer zum Schutz des Personals besonders wirkungsvoll der Verhinderung materieller Schäden innerhalb der von einem Lichtbogen betroffenen Zelle und damit einer vereinfachten Konstruktion.

Grundsätzliches zur Planung

Ein Kurzschluß über einen Lichtbogen ist immer eine gefährliche, bei dem heutigen Stand des Schaltanlagenbaues aber verhältnismäßig seltene Störung. Man sollte deshalb die Planung der Lichtbogenlöschung so einfach wie möglich gestalten. Es erscheint normalerweise nicht notwendig, aufwendige Anforderungen an die Selektivität zu stellen, damit vielleicht eine einmal in Jahresfrist auftretende Störung auf den betroffenen Anlagenteil beschränkt bleibt. Wenn mit einfacheren Mitteln der gleiche Zweck, nämlich der Schutz des Personals und der eingebauten Geräte erreicht wird, ist es eine zweitrangige Frage, ob dazu 30, 60 oder 100% des Leitungszuges einer Anlage kurzgeschlossen werden müssen. Die erneute Inbetriebnahme ist sowieso innerhalb von 15 min möglich [1]. Aus den Erfahrungen mit bisher entworfenen Anlagen werden nachfolgend einige Hinweise für die Projektierung gegeben.

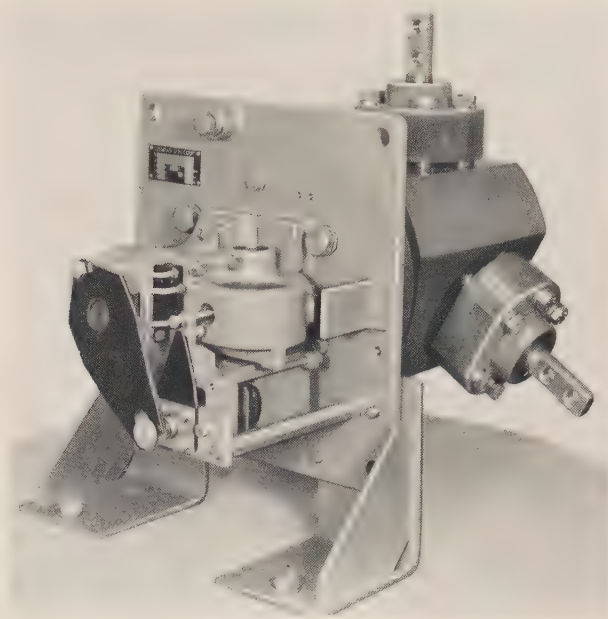


Bild 1 Lichtbogenlöscher (Abdeckhaube abgenommen)

Einbauort der Löscher

Der einfachste Fall ist, daß eine Abnehmeranlage mit nur einer oder zwei Einspeisungen geschützt werden soll. Ein umfassender Schutz ist immer dann gewährleistet, wenn der bzw. die Löscher am Endverschluß der speisenden Kabel angeschaltet werden. Die Auswahl-schaltung ist sehr einfach, da bei Auftreten eines Lichtbogenkurzschlusses an irgendeiner Stelle der Anlage diese Löscher den Kurzschluß unmittelbar übernehmen. Die Abschaltung geschieht durch den Leistungsschalter der vorgeordneten Station. Es mag einfacher erscheinen, nur das Sammelschienensystem mit einem Löscher auszurüsten, damit der Kurzschluß in der gleichen Station durch die speisenden Leistungsschalter abgeschaltet wird. Diese Lösung bringt aber einige Nachteile mit sich, wenn die Speisezellen nicht galvanisch zur Sammelschiene durchgeschaltet sind. Bild 2 zeigt, welche Störmöglichkeiten durch Löscher in der Sammelschiene nicht erfaßt werden. Es ist ein Wagnis, diese Lücken offenzulassen, zumal es den erwähnten völligen Schutz gibt. Es ist eine Frage des Aufwandes, ob man beide Wege beschreitet, d.h., ob man Löscher an den Kabelendverschlüssen der Speisezellen und an den Sammelschienen einbaut. Bei dieser Ausrüstung kann man den Löschern an den Sammelschienen sämtliche Lichtbögen zuordnen, die nicht in den Speisezellen brennen. Die Löscher an den Speisekabeln stehen dann für Störfälle in diesen Zellen zusätzlich bereit.

Es gibt eine große Anzahl von Anlagen mit vielen Schaltzellen, bei denen jeder Strang einspeisen kann. Die an der Sammelschiene anstehende Kurzschlußleistung ist hier die Summe aus den Einzelleistungen

dieser Rückspeisungen. Bei solchen Anlagen kann geprüft werden, inwieweit der Einbau von Löschern an den Sammelschienen allein zum Schutz ausreichend ist. Dabei gilt folgende Überlegung: Wenn einem brennenden Lichtbogen ein hoher Prozentsatz von Energie entzogen wird, so wird die Gefährdung im gleichen Maß verringert.

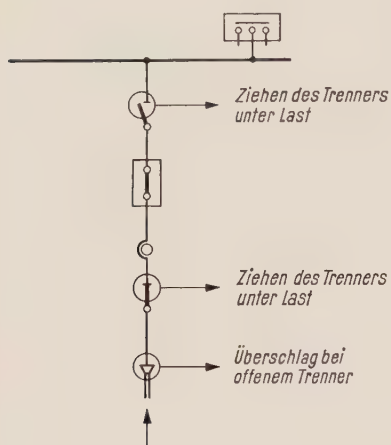


Bild 2 Gefahrenpunkte in Speisepunkten bei Anordnung des Löschers an der Sammelschiene

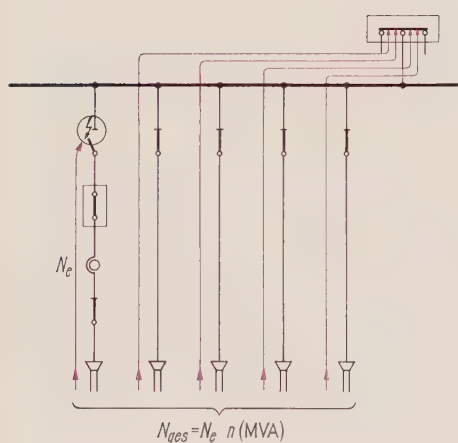


Bild 3 Löschung an der Sammelschiene in Anlagen mit vielen Einspeisungen

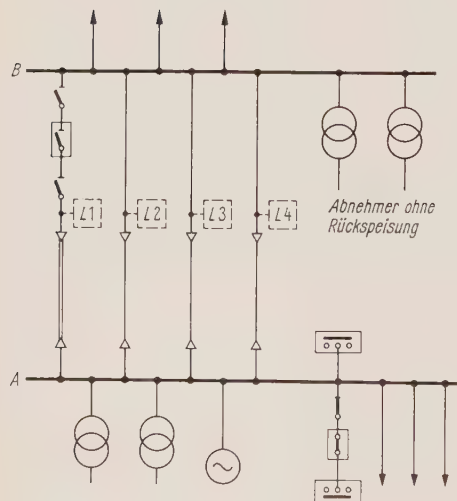


Bild 4 Zentrale Lichtbogenlöschung

Bild 3 zeigt ein Beispiel: Jede der n Einspeisungen liefert den n -ten Teil der Kurzschlußleistung. Ein Löscher an der Sammelschiene entzieht also einem Kurzschlußlichtbogen, der durch das Ziehen eines Trenners unter Last gezündet wurde, einen Anteil von $(n-1)/n$, d.h. bei zehn Einspeisungen 90% oder bei fünf Einspeisungen 80%. Dabei ist vorausgesetzt, daß alle Einspeisungen etwa gleiche Anteile zur Kurzschlußleistung beitragen. Sind einzelne Stränge mit größerer Kurzschlußleistung vorhanden, so ist es notwendig, diese zusätzlich an den Kabelendverschlüssen mit Löschern auszurüsten. Dies ist erforderlich, damit die in Bild 2 gezeigten möglichen Lichtbögen in diesen Zellen keinen Schaden anrichten.

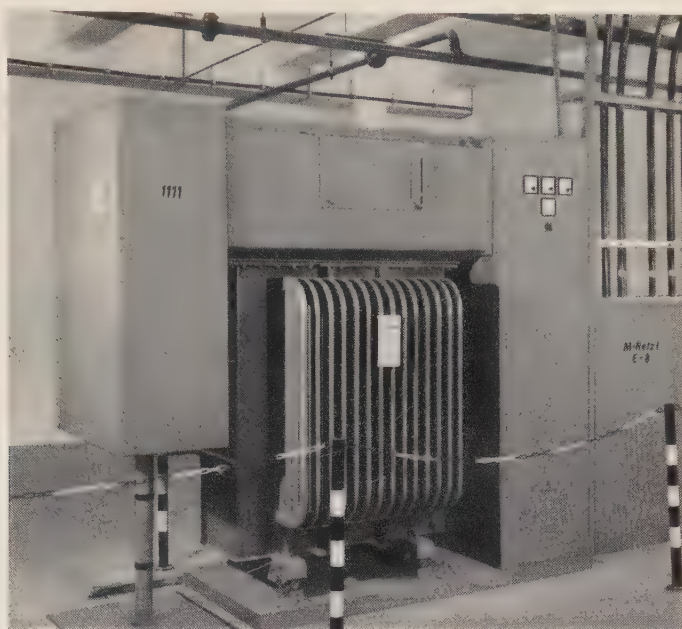
Zentrale Lichtbogenlöschung

Besondere Überlegungen sind erforderlich für die Lichtbogenlöschung von Stationen, die über mehrere Parallelkabel aus einer übergeordneten Schaltanlage gespeist werden (Bild 4). Für einen vollständigen Schutz muß jedes der speisenden Kabel in der Station B einen Lichtbogenlöscher ($L1$ bis $L4$) erhalten. Die gleiche Schutzwirkung wird aber auch dann erzielt, wenn ein einzelner Löscher an der Sammelschiene der speisenden Station A den Lichtbogen in B kurzschließt. Es wird also die Lichtanregung in B installiert und der Auslösebefehl nach A übertragen. Voraussetzung hierfür ist ein zuverlässiger Übertragungskanal; zweckmäßigerweise wird dabei eine »zwei-von-drei-Auswahl« zugrunde gelegt [4]. Der Löscher in A kann auch die eigene Station schützen, wenn eine entsprechende Anregung vorhanden ist. In konsequenter Fortführung dieses Gedankens ist es möglich, sämtliche Unterstationen eines Netzes durch eine einzige Lichtbogenlöschung im speisenden Umspannwerk zu schützen. Bei dieser Schaltung sollte aber der zentrale Löscher unbedingt über einen Leistungsschalter an die speisende Sammelschiene angeschlossen werden. Dadurch wird erreicht, daß der metallische Kurzschluß über den Lichtbogenlöscher nach 0,5 s wieder unterbrochen wird. Die Erfahrung zeigt, daß die Lichtbogenstrecke in dieser Zeit sicher entionisiert ist und keine Neuzündung eintritt. Ein zweiter Löscher sollte bei diesem Verfahren zusätzlich direkt, d.h. ohne Zwischenschaltung eines Leistungsschalters, an die Sammelschiene geschaltet werden. Dieser Löscher steht in Reserve, wenn der Hauptlöscher nicht betriebsbereit oder galvanisch von der Sammelschiene getrennt ist [5].

Schrifttum

- [1] Meyer, F.: Die Beherrschung von Kurzschlußlichtbögen in offenen und gekapselten Mittelspannungs-Schaltanlagen. Siemens-Zeitschrift 34 (1960) 53 bis 59
- [2] Wagner, K.: Kurzschlußlichtbogenversuche in Duro-Fertigteilschaltzellen für Reihe 10 und 20. Elektrie 14 (1960) 359 bis 361
- [3] Waldmann, E.: Begrenzung der Kurzschlußleistung in Mittelspannungsnetzen. VDE-Fachberichte (1961)
- [4] Hahn, R.: Digitale Steuerungstechnik, Abschnitt 6. 3. Franck'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart 1961
- [5] Meyer, F.: Zweistufige Lichtbogenlöschung in Mittelspannungs-Schaltanlagen. Siemens-Zeitschrift 34 (1960) 224 und 225

Bild 1 Transformator-S-Station
im Kellergeschoß einer Werkhalle



Neue Wege beim Bau und bei der Unterbringung von Transformatorstationen

VON HANS RUFF

Beim Bau von Transformatorstationen in Städten und Industrieanlagen stehen drei Probleme im Vordergrund der Betrachtungen:

die Baukosten,

die Schwierigkeiten bei der Unterbringung der Stationen in den Schwerpunkten des Leistungsbedarfes und die Wartung.

Wirtschaftliche Gesichtspunkte bedingen eine Anordnung der Stationen in Schwerpunkten des Bedarfes. Lastschwerpunkte, in die unmittelbar über Transformatorstationen eingespeist werden muß, ergeben sich in größeren Wohngebäuden, Geschäftshäusern, inmitten von Fabrikhallen und an vielen Knotenpunkten von Stadtnetzen. Große Geschäftshäuser haben nicht selten einen Leistungsbedarf von 500 kVA und mehr. In Industrienetzen ist der Leistungsbedarf im allgemeinen noch höher und die Forderung nach Anordnung der Transformatorstationen in unmittelbarer Nähe der Verbraucher noch zwingender, wenn stoßartige und unsymmetrische Belastungen (Käfigläufermotoren, Schweißmaschinen usw.) in mehr oder weniger rhythmischen Intervallen auftreten.

Für die Unterbringung von Transformatorstationen in Lastschwerpunkten ergeben sich aus Platzmangel praktisch immer Schwierigkeiten. In eng bebauten Altstadtegebieten stehen Plätze für Transformatorstationen in der herkömmlichen Kioskbauweise meistens nicht zur Verfügung; in neuen Siedlungsgebieten können derartige Stationen in manchen Fällen nicht an den technisch günstigsten Stellen errichtet werden, weil sie als fremde Baukörper empfunden und daher aus städtebaulichen Gründen abgelehnt werden.

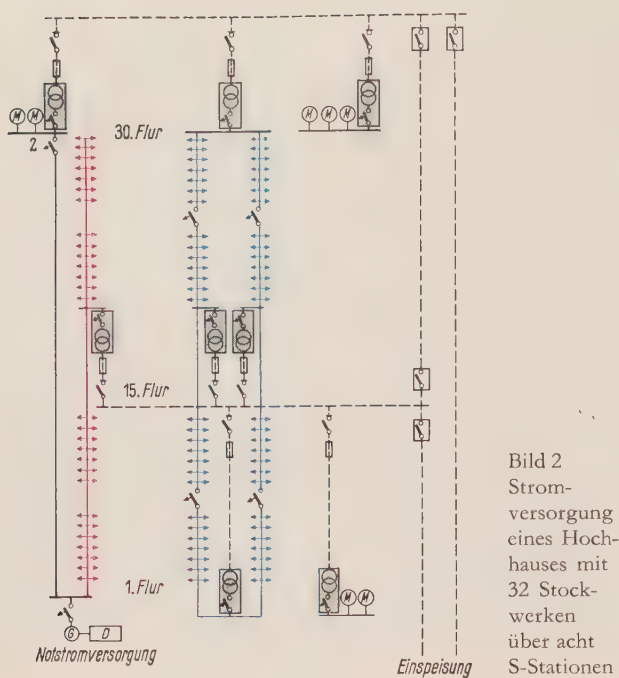
In Fabrikhallen sind Stationen schwer unterzubringen, weil die Werkzeugmaschinen dicht gedrängt angeordnet sind und der Arbeitsfluß nicht unterbrochen werden darf.

Es wurde daher eine Transformatorstation entwickelt, die in Wohn- und Geschäftshäusern, Garagen, Fabrikhallen oder als Unterflurstation untergebracht werden kann und bei der Montagezeit, Wartung und Raumbedarf auf ein Minimum beschränkt werden darf.

Dazu wurde ein Bausteinsystem mit drei Elementen – Hochspannungsbaustein, Transformator, Niederspannungsbaustein – geschaffen, mit dem sich Transformator-Schwerpunkt-Stationen für verschiedenste Betriebsbedingungen zusammenstellen lassen.¹⁾ Bei Transformatorleistungen von 315 kVA und mehr werden die drei Bausteine am Aufstellungsort zusammengeschraubt, so daß sich keine schwierigen Probleme für den Transport ergeben. Um die S-Stationen in Gebäuden mit normaler Geschoßhöhe oder in Garagen unterbringen zu können, wurde die Bauhöhe auch bei 20 kV Oberspannung auf 2,30 m festgelegt; die Kabelendverschlüsse für die Zuleitungskabel wurden so hoch angeordnet, daß die Kabelbogen noch innerhalb der Station liegen.

Alle Schaltgeräte, Stützer, Transformatordurchführungen usw. sind stahlblechumkleidet, so daß sie vor Verschmutzung weitgehend geschützt sind. Die Wartungsarbeiten können daher sehr eingeschränkt werden, weshalb das Betriebspersonal den Begriff »Umspannermuffe« für die S-Station geprägt hat. Im Rahmen der betriebswirtschaftlichen Rationalisierungstendenzen

1) Becker, K.: Transformator-S-Station für 100 bis 250 kVA, Reihe 10. Siemens-Zeitschrift 34 (1960) 330 und 331



kommt dieser Wartungsminderung deshalb eine große Bedeutung zu, weil bei der herkömmlichen Stationsbauweise wegen der Verschmutzung der Luft in den Industriestädten die Wartung in immer kürzeren Zeitabschnitten erforderlich ist und daher für das Wartungspersonal sowohl in Stadt- als auch in Industrienetzen ständig große Mittel aufgewendet werden müssen.

Auch beim Netzausbau bringt das neue Bausteinsystem der S-Stationen entscheidende Vorteile. Mit wenigen Bauelementen, die in Serien gefertigt, in listenmäßiger Ausführung geliefert und auf Lager genommen werden können, lassen sich Transformatorstationen in kurzer Zeit zusammenstellen.

Die Grundschialtung der Transformator-S-Stationen kann je nach den örtlichen Verhältnissen und Betriebsbedingungen abgeändert werden. Ein besonders geringer Raumbedarf ergibt sich z. B., wenn die Station über ein Stickleitungsgeßpeist wird. Diese Ausführung wählt man

bei Unterflurstationen, Stationen in Hochhäusern und Industriestationen.

Wenn z. B. in einem Stadtgebiet an besonderen Lastschwerpunkten Stationen nur unter Flur angeordnet werden können, nimmt man den Anschluß über ein Stickleitungsgeß vor, das über Lasttrenner und HH-Sicherungen an einer in der Nähe liegenden geräumigen Station abgezweigt wird. Der Hochspannungsteil der Unterflurstation besteht dann lediglich aus einem unmittelbar am Transformator angeflanschten Endverschluß. Auch der Niederspannungsteil kann in diesem Fall sehr klein gehalten werden, wenn nur die Selbstschalter und die Stationsüberwachungsgeräte in der Station unter Flur untergebracht werden und die Niederspannungsverteilung in Form eines Kabelverteilerschranks über Flur montiert wird.

Auch für Industrieanlagen wählt man im allgemeinen die räumlich kleinste Bauform der S-Station und schließt diese über Stickleitungen an eine zentrale Schaltanlage mit Lasttrennschalter und HH-Sicherungen an. Die Kosten für eine etwas größere Länge des Hochspannungskabels werden meistens völlig ausgeglichen, weil Schaltgeräte eingespart und infolge der vorgeschalteten HH-Sicherungen kleinere Kabelquerschnitte gewählt werden können.

In Werkhallen der Fabriken ordnet man S-Stationen im Kellergeschoß (s. Bild 1), im Erdgeschoß unmittelbar neben den Werkzeugmaschinen oder auf Podesten über der Fertigungsfläche, z. T. über den Kranbahnen, an.

Ganz neue Wege hat man, wie erwähnt, bei der Anordnung von Transformatorstationen in Hochhäusern beschritten. Man geht immer mehr dazu über, neben Transformatorstationen in Kellern auch Stationen in den obersten Stockwerken der Hochhäuser aufzustellen. Besonders hier ergibt sich oft ein sehr großer Leistungsbedarf, weil hier die Aufzugsmotoren, Klimaanlage und Elektro Küchen untergebracht sind und ein großer Teil der Beleuchtung von hier aus günstig gespeist werden kann. Bild 2 zeigt die Grundschialtung für die Stromversorgung eines Hochhauses mit 32 Stockwerken.

Für kleinere Leistungen im Bereich von 100 bis 250 kVA und für 10 kV Oberspannung wurden ebenfalls kleine S-Stationen entwickelt. Besonderes Interesse verdienen in neuerer Zeit auch Stationen, bei denen der Oberspannungsteil vollisoliert ausgeführt wird (Bild 3).

Die Transformatoren für S-Stationen können sowohl für Öl- als auch Clophen-Füllung hergestellt werden. Bei der Unterbringung der Transformatorstationen in bewohnten Gebäuden, Geschäftshäusern oder in Fabrikhallen wählt man praktisch immer den mit Clophen gefüllten Transformator, damit die baupolizeilichen Vorschriften für die Unterbringung von Öltransformatoren, die oft einen hohen bauseitigen Aufwand erfordern, nicht beachtet werden müssen.

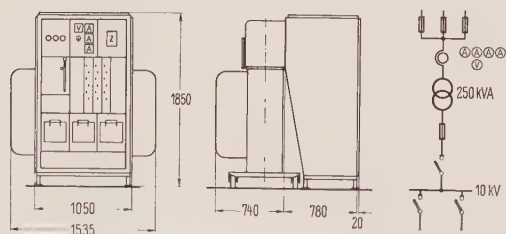


Bild 3 Transformator-S-Station mit 250-kVA-Transformator für Ringkabelanschluß in vollisolierter Ausführung

Bild 1 Zentral-Verteilung N 1960
für Niederspannung



Zentral-Verteilung N 1960 für Niederspannung mit wandelbarem Aufbau und ausziehbaren Geräteblöcken

VON HERBERT LAUSMANN UND JOSEF SCHMITT

Die Bauform stahlblechgekapselter Niederspannungs-Schaltanlagen, die zum unmittelbaren Aufstellen innerhalb von Betriebsstätten geeignet sind¹⁾, hat sich bewährt. Es ist bereits nicht mehr ungewöhnlich, daß auch Stationen für große Stromstärken in der raumsparenden, gekapselten Bauform im Verteilerschwerpunkt, d. h. inmitten¹ von Fabrikhallen aufgestellt werden. Die zentrale Lage der Verteilungen führt zu einer beträchtlichen Kosteneinsparung beim Bau und zur Verminderung der Übertragungsverluste der Energieversorgung. Außer bei der Energieverteilung ergeben sich in neuzeitlichen Werken der Industrie durch die Automatisierung neue Aufgaben für die Elektrotechnik, z. B. bei der Fernsteuerung von Antrieben. (Ausländische Anlagen für diese Zwecke sind unter der Bezeichnung »motor-control-center« bekannt geworden.) Ein Vorzug dieser Anlagen ist, daß sich Abzweige für Motoren vorteilhaft ausführen lassen. Außerdem wird die Betriebssicherheit so gesteigert, daß Störungen

oder längere Ausfälle der Energieversorgung vermieden werden. Dies setzt voraus, daß nur hochwertige Schaltgeräte verwendet werden und daß die Schaltanlagen zuverlässig und zweckmäßig konstruiert sind. In der Praxis werden an derartige Anlagen folgende Forderungen gestellt:

- | | |
|---------------|---|
| im Betrieb: | einfache Wartung und Überwachung, Möglichkeit zum Auswechseln gestörter Geräte gegen bereitstehende Ersatzgeräte |
| bei Umbauten: | einfache Handhabung bei Erweiterung der Anlagen und Möglichkeit zum Austausch verschieden großer Geräteblöcke (Wandelbarkeit) |

Der Umbau der elektrischen Verteilungen kann u. a. durch die in der heutigen Wirtschaft häufig vorkommende Umstellung im Fertigungsprogramm eines Werkes notwendig werden. Hierbei ist es wichtig, daß die Umbauten in kurzer Zeit und ohne Gefahr für das Montagepersonal vorgenommen werden können.

¹⁾ Floorke, H.: Stahlblechgekapselte Niederspannungs-Schaltanlagen für 500 V Wechselspannung. Siemens-Zeitschrift 30 (1956) 198 und 199

Diese Forderungen erfüllt die neue, von den Siemens-Schuckertwerken entwickelte Zentral-Verteilung N 1960 für Niederspannung mit wandelbarem Aufbau und ausziehbaren Geräteblöcken. Sie entspricht den »Bestimmungen für das Errichten von Starkstromanlagen mit Nennspannungen unter 1000 V« (VDE 0100/11.58). Abstände, Schlagweiten und Kriechstrecken wurden nach VDE 0110, Gruppe C gewählt, d. h. für Verwendung in industriellen, gewerblichen und landwirtschaftlichen Betrieben.

Der Grundaufbau der neuen Verteilungsanlage wurde für folgende elektrische Werte ausgelegt:

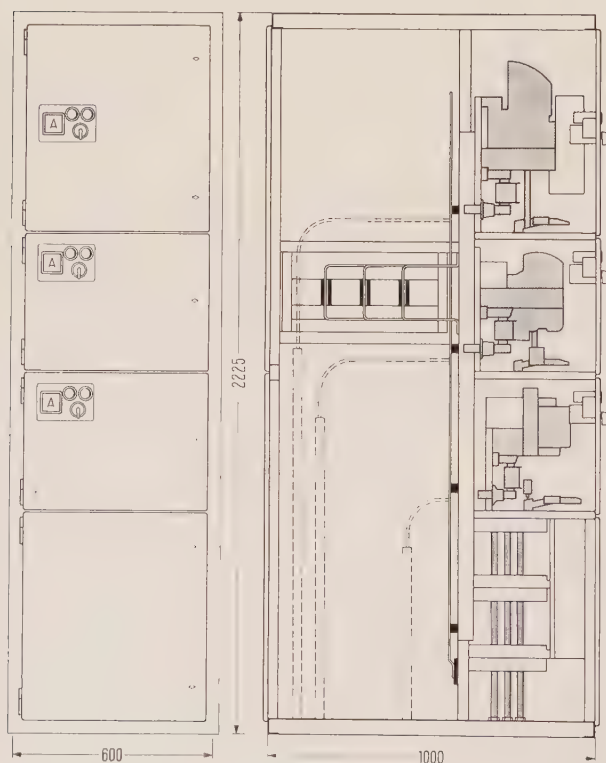
Reihenspannung	1000 V, 50 Hz
Nennspannung (Wechselspannung)	500 V, 50 Hz
(Gleichspannung)	600 V
Größter Nennstrom für Sammelschienen	3500 A
für Schaltgeräte	3000 A
Dynamischer Grenzstrom (Scheitelwert)	100 kA
Schutzart	P 30 bzw. P 42

Das Gerüst der neuen Verteilung besteht aus miteinander verschraubbaren Einzelteilen. Die stets gleichen, serienmäßig gefertigten Binder aus 2,5 mm dickem Stahlblech sind mit allen Bohrungen versehen, die für die verschiedenen Ausführungen des »Wandelbaren Aufbaues« gebraucht werden. Mit Hilfe dieser Bohrungen ist es möglich,

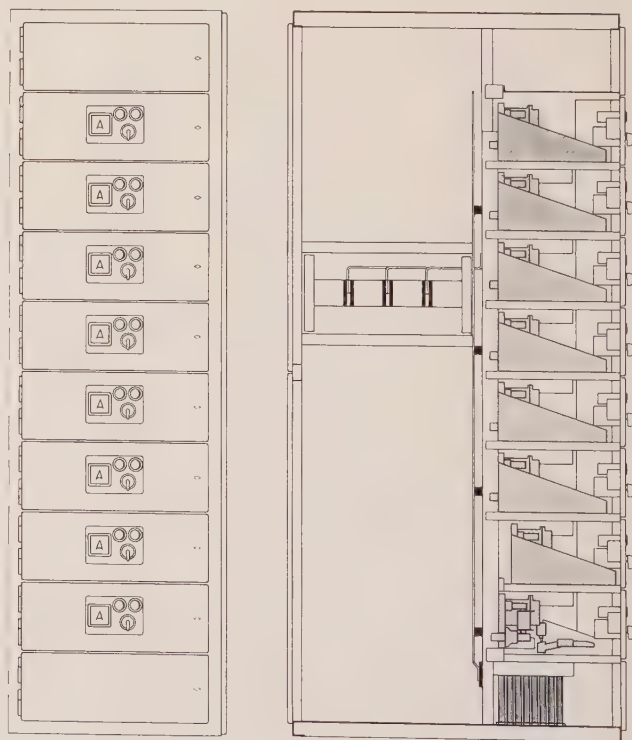
weitere Felder nachträglich anzubauen. Die Binder, mit den oberen und unteren Abdeckblechen verschraubt, ergeben ein stabiles Gerüst, das nach Abnehmen der Seitenverkleidungen jederzeit erweitert werden kann. Die Gerüsthöhe beträgt 2225 mm, die Teilung bei allen Feldern 600 mm und die Gesamttiefe 1000 mm. Wie Bild 2 erkennen läßt, befindet sich im Gerüstaufbau hinter der Bedienungsfront ein Raum zum Einbau der Geräteblöcke. Auch Steuerkabel und kleine Leistungskabel können dort seitlich bis an die Geräte herangeführt werden. Der dahinterliegende Bereich nimmt die Lichtbogenkammern der schweren Schalter auf und dient zur Führung der Sammelschienen und der abgehenden Kabel mit mittleren und größeren Querschnitten.

Die Grundteilung der einzelnen Felder beträgt ein Zehntel der Gerüsthöhe; die Höhe der ausziehbaren Geräteblöcke kann je nach Größe der eingebauten Geräte als Vielfaches dieses Wertes gewählt werden (s. Bild 2). Entsprechend dieser Unterteilung ergeben sich bei gleicher Gerüsthöhe vier verschiedene Höhen für die Geräteblöcke ($\frac{1}{10}$, $\frac{2}{10}$, $\frac{3}{10}$ und $\frac{4}{10}$). Nach diesen Maßen richten sich auch die Abmessungen der verschiedenen Verschlusstüren; dabei kommt für die Abdeckung der Rückseite noch eine weitere Türgröße mit $\frac{5}{10}$ -Teilung hinzu.

Die Hauptsammelschienen werden in den bewährten »Lichtbogenbarrieren« hoher Kurzschlußfestigkeit gehal-



Schnitt durch ein Feld mit Selbstschaltern und Luftschütz-Geräteblock (Luftschütz in die Trennung vorgezogen)



Schnitt durch ein Feld mit acht Luftschütz-Geräteblöcken

Bild 2 Beispiele für die Grundteilung der einzelnen Felder

ten, die das Übergreifen eines Störlichtbogens in benachbarte Felder verhindern.

Eine weitere Voraussetzung für die Wandelbarkeit des Aufbaues dieser neuen Niederspannungs-Schaltanlagen sind außer den Bohrungen im Gerüst die senkrechten Sammelschienen in den einzelnen Abzweigfeldern. Diese ermöglichen das Einfahren der mit Trennkontakten (dem sogenannten Kontaktsatz) ausgerüsteten Geräteblöcke in beliebiger Höhe für Abgänge bis 600 A. Dadurch braucht beim nachträglichen Austausch, z. B. eines großen Geräteblockes gegen mehrere kleinere, der Grundaufbau des Gerüsts und die Lage der Schienen nicht geändert zu werden.

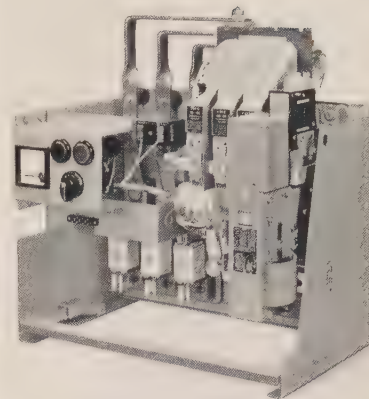
Bei den ausziehbaren Geräteblöcken unterscheidet man Grundaufbauten für Geräte bis 600 A und über 600 A.

Die Geräteblöcke mit Schaltgeräten bis 600 A sind so aufgebaut, daß alle benötigten Teile – Selbstschalter oder Luftschütze, NH-Sicherungen, Stromwandler, Relais sowie Befehls- und Meldegeräte – auf einem Schlitten zusammengefaßt sind. Dieser besteht aus abgekannten Stahlblechen und ist mit einer leicht zu betätigenden Sperrvorrichtung versehen, mit der der Geräteblock in verschiedenen Stellungen eingerastet werden kann. Auf der linken Seite des Geräteblockes befindet sich der Kontaktsatz, der den Hauptstromkreis mit den senkrechten Sammelschienen des betreffenden Feldes verbindet (Bild 3). Der danebenliegende zweite Kontaktsatz dient zur Verbindung des Geräteblockes mit den am Gerüst fest eingebauten Kabelanschlußlaschen.

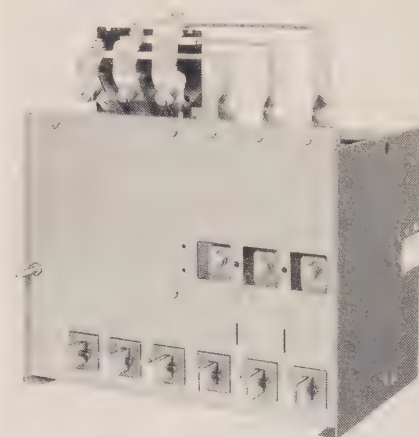
Selbstschalter mit höheren Nennströmen können infolge der Gehäusekonstruktion unmittelbar ausziehbar in die Anlage eingebaut werden. Die Sperrvorrichtung entspricht grundsätzlich derjenigen bei Geräten bis 600 A. Über Trennkontakte, deren federnde Lamellen eine sichere Kontaktgabe in jeder Lage gewährleisten, werden die Selbstschalter mit der Hauptsammelschiene verbunden.

Die Geräteblöcke beider Ausführungen können aus der Betriebsstellung in eine Trennstellung gefahren werden. In der Betriebsstellung ist das Ein- und Ausschalten der Zu- und Abgänge auch bei geöffneten Türen möglich, so daß die Schaltgeräte während des Betriebes jederzeit beobachtet werden können. Nach Entriegeln der Sperrvorrichtung können die Geräteblöcke in eine Trennstellung vorgezogen werden, in der sie einrasten. Sie ist Prüfstellung, solange die Steuerungspannung anliegt. Die Sperrvorrichtung verhindert gleichzeitig, daß die Geräte im eingeschalteten Zustand herausgezogen werden können. In der Prüfstellung sind die Kontakte für den Hauptstromkreis mit sicherem Abstand von der Sammelschiene getrennt, so daß die Funktion der Steuerstromkreise ohne Gefahr überprüft werden kann.

Die Spannung für die Hilfsstromkreise wird über biegsame Leitungen mit Vielfachsteckern an die Geräteblöcke



Vorderseite



Rückseite mit Kontaktsatz für die Zu- und Ableitung

Bild 3 Geräteblock mit Selbstschalter 600 A

und Selbstschalter herangeführt. Nach Lösen der Stecker-Verbindung und Zurücksetzen der verschiebbaren Blende für die Behelfs- und Meldegeräte wird diese Stellung des Geräteblockes gleichzeitig zur Ruhestellung für die Schaltgeräte, die so in die Anlage eingefügt sind, daß sich die Türen auch bei den verschiedenen Arten von Antrieben schließen lassen. Die Türen haben einen Ausschnitt, durch den hindurch die in der Blende befestigten Befehls- und Meldegeräte sowohl in der Betriebs- als auch in der Ruhestellung überwacht und betätigt werden können.

Eine Ausfahrsperre verhindert ein unbeabsichtigtes Herausnehmen der Schaltgeräte.

Die Zentral-Verteilung N 1960 erfüllt mit der geschilderten Konstruktion alle Forderungen der Praxis. Sie bietet u. a. durch die Wandelbarkeit auch dem projektierenden Ingenieur große Vorteile.

Ein neues Funkgestell für PPM-Richtfunkverbindungen im Bereich um 2000 oder 2500 MHz

VON GEORG HERRLE

Für starke Sprechkreisbündel sind Richtfunksysteme eingeführt worden, die mit Frequenzmodulation (FM) des Radiofrequenz-(RF-)Trägers arbeiten und die die Sprechkanäle nach dem Trägerfrequenzverfahren (TF) bündeln. Neben diesen sogenannten TF-FM-Systemen gibt es für verhältnismäßig kleine Sprechkreiszahlen Systeme, bei denen die Sprechkreisbündelung nach dem Zeitmultiplex-Verfahren (z. B. Pulsphasenmodulation PPM) vorgenommen und deren RF-Träger zwischen nur zwei Amplitudenstufen getastet wird. Diese Systeme zeichnen sich durch einen verhältnismäßig geringen Aufwand aus. Sie werden vorteilhafterweise dort eingesetzt, wo eine trägerfrequente Weiterschaltung der Sprechkanalbündel nicht notwendig ist.

Während PPM-Systeme bisher nur für wenige Sprechkreise, z. B. 6, 12, 24, bemessen waren, stellt das neue PPM-System je RF-Kanalpaar 60 Sprechkreise zur Verfügung¹⁾. Das diesem System zugeordnete Funkgestell (Bild 1) arbeitet im RF-Bereich um 2000 oder 2500 MHz. Die RF-Bandbreite ist nicht größer als die des 24-Kanal-Systems. Dieses Gestell ist durch folgende Merkmale gekennzeichnet:

Der RF-Bereich umfaßt 1000 MHz. Durch Auswechseln der frequenzbestimmenden Einschübe läßt sich das Funkgestell schnell und einfach vom 2000-MHz-Band auf das von 2500 MHz umrüsten und umgekehrt.

Es lassen sich beliebig viele Funkfelder hintereinanderschalten. Die durch den Übertragungsweg bedingten Pulsverformungen werden durch eine Erneuerungsschaltung aufgehoben. Der Tastsender schwingt in den Pulslücken mit verminderter Leistung und verringert somit das Sendergrundgeräusch.

Antennenanlagen bringen keine merkliche Verschlechterung der Nebensprechwerte, auch wenn ihr Reflexionsfaktor bis zu 15% beträgt.



Bild 1 Funkgestell, bestückt für Einfachbetrieb als Endstelle (Schlußprüfung in der System-Erprobungsstelle)

Das Funkgestell enthält Einrichtungen für einen Sprechkreis für den Dienstverkehr. Dieser ist von den Multiplexeinrichtungen unabhängig und sowohl auf End- als auch auf Zwischenstellen zugänglich. Durch Selektivruf können neun Stationen der Richtfunkverbindungen getrennt gerufen werden.

Für sehr hohe Ansprüche kann die an sich schon hohe Betriebssicherheit durch eine im Gestell eingebaute Umschalteneinrichtung gesteigert werden. Umgeschaltet wird vom Betriebs- auf das Ersatzgerät auf der Send- und Empfangsseite getrennt und unterbrechungsfrei.

Für Einfachbetrieb wird das Gestell mit einer Send- und einer Empfangseinrichtung, einer Antennenweiche und einem Dienstgerät bestückt. Bei Ersatzbetrieb werden zwei solcher Gestelle mit zusätzlichen Umschalteneinschüben verwendet. Strecken mit Einfachbetrieb lassen sich somit auch nachträglich leicht auf Ersatz- oder Diversity-Betrieb umstellen.

Bedienung und Wartung stellen verhältnismäßig geringe Ansprüche an das Personal.

1) Köhler, K.: Die Pulsphasenmodulations-Einrichtung für 60 Sprechkreise. Siemens-Zeitschrift 34 (1960) 26 bis 31
Christiansen, M. und Schlichte, M.: PPM 60 – ein Pulsphasen-Modulationsgerät für 60 Kanäle. NTZ 13 (1960) 392 bis 399

Das System entspricht dem Pflichtenheft der Deutschen Bundespost und den Empfehlungen des CCITT für den Nachrichtenweitverkehr. Der Systemwert beträgt 159 dB beim PPM 60/2000-System und 157 dB beim PPM 60/2500-System. Die Sendeleistungen am Gestellausgang betragen etwa 4 oder 2 W, die Empfängerrauschzahl beträgt etwa 8 dB.

Sende- und Empfangsweg

Die auf Endstellen vom Modulations-Gestell¹⁾ kommenden Pulse gelangen zunächst zum Sender des Funkgestells (Bild 2). Von den Puls-Vorderflanken werden im Tastverstärker neue Pulse abgeleitet, die genau im Zeitpunkt der ursprünglichen Pulse beginnen. Ihre Dauer wird durch die Erneuerungsschaltung bestimmt. Pulsverformungen, die auf dem Übertragungsweg entstanden sind, bleiben dadurch unwirksam. Die erneuerten und verstärkten Pulse steuern den einstufigen selbsterregten Tastsender. Während der Pulslücken schwingt der Tastsender mit kleiner Leistung durch, verkürzt dadurch die Anschwingzeit beim Pulseinsatz und vermindert somit das Sender-Grundgeräusch. Der Tastsender arbeitet mit einer Scheibenröhre 2 C 39 in Gitterbasisschaltung. Der bei früheren Sendern zur Verminderung des Grundgeräusches benötigte Hilfssender ist hier nicht erforderlich. Eine Nachstimmvorrichtung gleicht Frequenzänderungen des Tastsenders aus, die durch Röhrenalterung oder Temperaturschwankungen entstehen können. Die erneuerten Pulse werden im Tastverstärker durch

die vom Dienstgerät kommenden NF-Spannungen zusätzlich in ihrer Dauer moduliert. Der dadurch gewonnene Dienstkanal hat eine hohe Pegelkonstanz und ist von der Senderabstimmung unabhängig.

Die Antennenweiche ermöglicht es, Sender und Empfänger an eine gemeinsame Antenne anzuschließen. Ein bestimmter Kreis des Sendefilters liefert ein Kriterium für das Einstellen des Senders auf seine Betriebsfrequenz. Eine dem Sender nachgeschaltete Richtungsleitung verhindert die Rückwirkung von Fehlanpassungen langer Antennenkabel; dadurch wird das Nebensprechen zwischen den PPM-Kanälen klein gehalten.

Die von der Antenne aufgenommenen RF-Schwingungen werden im Empfänger in die Zwischenfrequenzlage (34,5 MHz) umgesetzt. Der Umsetzer arbeitet als Eintaktmischer mit dem Richtleiter 1 N 21 B. Der Empfangsoszillator entspricht in seinem konstruktiven Aufbau dem Tastsender und ist ebenfalls mit der Scheibentriode 2 C 39 bestückt. Ein siebenstufiger ZF-Verstärker verstärkt die zwischenfrequenten Spannungen, ein Pulsverstärker erneuert und verstärkt die gleichgerichteten Pulse. Außerdem werden dort die dauermodulierten Pulse demoduliert und dadurch die NF-Spannungen des Dienstkanals zurückgewonnen.

Zur Stromversorgung von Sender und Empfänger dienen zwei gleiche Netzanschlußgeräte. Jedes kann mit einer Lüfterbaugruppe für die Kühlung der Scheibenröhren in den RF-Einschüben bestückt werden. Die

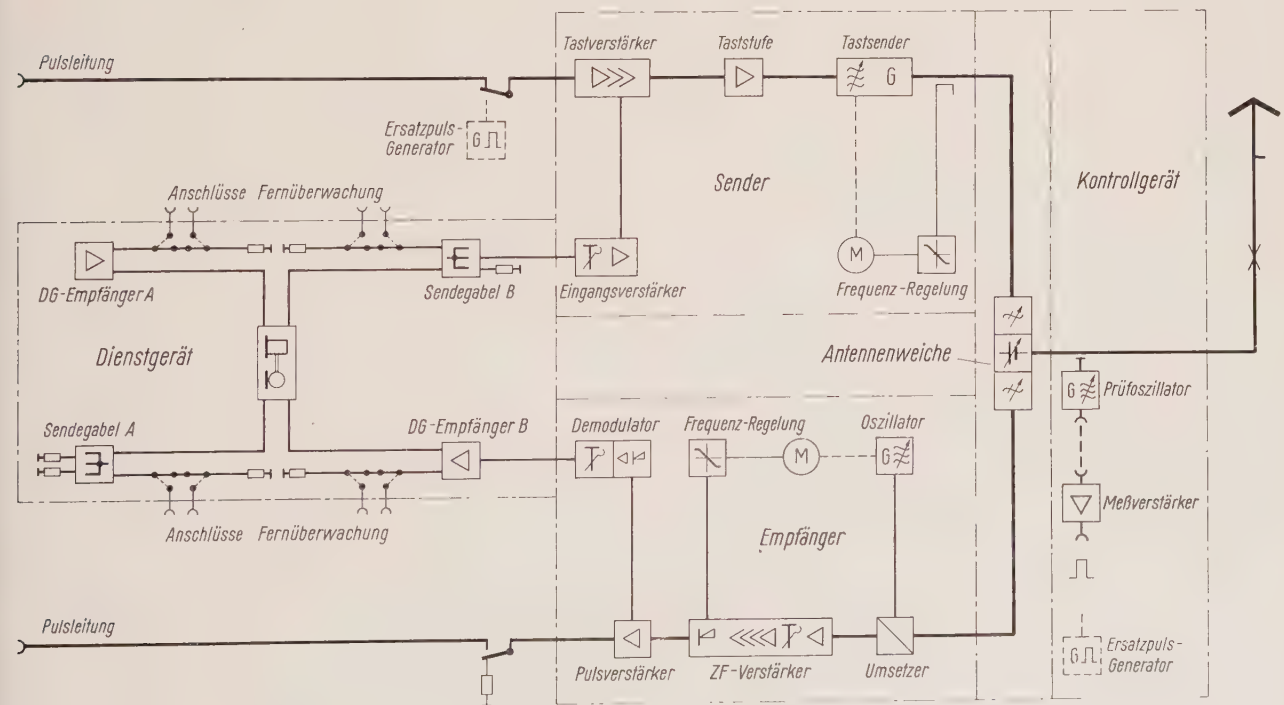


Bild 2 Blockschaltplan des Funkgestells PPM 60 als Endstelle

Lüfter arbeiten in Ersatzschaltung, d. h., es ist jeweils nur einer in Betrieb. Auch die Belüftung von einer zentralen Belüftungseinrichtung her ist möglich.

Dienstkanaal

Alle für den von den PPM-Kanälen unabhängigen Dienstkanaal erforderlichen Teile zum Rufen, Wählen und Sprechen in beiden Übertragungsrichtungen sind im Dienstgerät zusammengefaßt. Auf Zwischenstellen ist also nur ein Dienstgerät-Einschub erforderlich. Der Dienstkanaal umfaßt den Frequenzbereich von 300 bis 3000 Hz. Davon steht für das Dienstgespräch der Bereich 300 bis 2400 Hz zur Verfügung. Die Ruffrequenz liegt bei 2700 Hz. Im Band 2800 bis 3000 Hz können Fernsteuerbefehle und Fernüberwachungssignale übertragen werden. Eine vereinfachte Fernüberwachung ist ohne Zusatzgeräte möglich.

Bei Ausfall der Kanalpulse schaltet sich selbsttätig ein Ersatzpuls-Generator ein, der einen Pulsrahmen für die Übertragung des Dienstgesprächs liefert.

Überwachung

Der Einschub Kontrollgerät enthält die Überwachungseinrichtung für Sende- und Empfangsweg. Sendeleistung und Welligkeit auf der Antennenleitung werden mit je einem Richtungskoppler kontrolliert. Eine einfache Funktionsprüfung der Anlage ist durch radiofrequenten Schleifenschluß mit Hilfe eines Prüfozillators und eines Prüfmischers möglich. Auf dem Überwachungs-Einschub ist ferner ein Leuchtschalbild angeordnet, das Störungen in der Anlage anzeigt. Daneben befindet sich ein Meßschalter für Pegel und Spannungen. Die Meßpunkte sind im Leuchtschalbild zum Erleichtern der Bedienung angegeben.

Automatische Umschaltung von Betrieb auf Ersatz

Für diese Betriebsart sind auf den Endstellen jeweils zwei Funkgestelle erforderlich. Das eine ist als Sender-Gestell bestückt, und zwar mit zwei Sende-Einrichtungen, einer Antennenweiche und den Einschüben RF-Umschalter und Kontrollgerät für Sender. Das zweite arbeitet als Empfänger-Gestell mit zwei Empfangs-Einrichtungen, einem Dienstgerät und den Einschüben RF-Umschalter und Kontrollgerät für Empfänger. Das jeweils ausfallende Gerät wird auf Ersatz geschaltet, d. h., Sender und Empfänger werden getrennt voneinander umgeschaltet. Das Ersatzgerät kann wahlweise in »Kalt-Ersatz«-Betrieb (Röhren nicht vorgeheizt, Anodenspannung abgeschaltet) oder in »Warm-Ersatz«-Betrieb arbeiten (Röhren vorgeheizt, Anodenspannung reduziert).

Umgeschaltet wird automatisch oder von Hand. Sowohl der Ersatzsender wie auch der Ersatzempfänger können ohne Störung des Betriebsgerätes für Reparaturzwecke in Betrieb genommen werden. Ein Stellungszeiger im Leuchtschalbild des Kontrollgerätes läßt erkennen, welcher Sender oder Empfänger jeweils eingeschaltet ist. Auf der Sendeseite werden die Pulsspannungen beiden

Sendern zugeführt. Der Betriebssender ist dabei direkt zur Antenne durchgeschaltet, der Ersatzsender arbeitet auf einen Absorberwiderstand. Bei sich vermindender Senderleistung wird eine abstimmbare Doppelviereckgabel betätigt. Diese schaltet den Betriebssender von der Antenne auf einen Absorberwiderstand und den Ersatzsender vom Absorber reflexionsarm zur Antenne durch. Kann der gestörte Betriebssender während des Umschaltvorganges den Streckenbetrieb aufrechterhalten, wenn auch nur mit verminderter Leistung, so wird die Funkverbindung während der Umschaltung nicht unterbrochen; es verringert sich nur der Geräuschabstand während der Umschaltzeit auf etwa 50 dB. Bei Unfalltod (z. B. Elektrodenschluß) ergibt sich eine Unterbrechung bis zu 30 ms. Bei kaltem Ersatzgerät verzögert sich die Umschaltung um die Anheizzeit der Röhren (etwa 1,5 min).

Auf der Empfangsseite ist der Umschalter als einfacher Koaxialschalter ausgeführt. Der Betriebsempfänger ist direkt zur Antenne durchgeschaltet, der Ersatzempfänger ständig lose (mit etwa 20 dB Dämpfung) über die Schaltkapazität des Umschaltkontaktes an die Antenne gekoppelt. Während der Umschaltung hält der Ersatzempfänger den Betrieb mit kleinerem Geräuschabstand aufrecht, da sein Eingang bereits an die Antenne angeschlossen ist, bevor der Betriebsempfänger abgetrennt wird. Die Umschaltvorrichtung ist in der Lage, zwischen Empfängerausfall durch Geräte-störung oder Fehlen des Empfangssignals zu unterscheiden. Die pulsseitigen Ausgänge werden unterbrechungsfrei umgeschaltet.

Auf Streckenabschnitten mit möglicherweise starken Schwundseinbrüchen empfiehlt es sich, auf Raum- oder Frequenz-Diversity-Betrieb überzugehen. Für diese Betriebsarten sind keine zusätzlichen Einschübe erforderlich. Die Empfänger werden auf der Pulsseite ohne Kombinator und Geräuschauswertung zusammengeschaltet. Solange der Empfangspegel den einstellbaren Schwellwert nicht unterschreitet, bestimmen beide Empfänger den Geräuschabstand.

Gestellaufbau

Das Funkgestell ist in Schrankbauweise entsprechend der Verstärkerbauweise 52 der Deutschen Bundespost ausgeführt. Die einzelnen Einschübe lassen sich leicht und schnell austauschen. Alle einem Verschleiß unterworfenen Teile, z. B. Röhren, können von vorn ausgewechselt werden. Beim Empfänger und Sender ist die RF-Baugruppe, das sogenannte Oberteil, auf einfache Weise von den übrigen Baugruppen, die im Unterteil untergebracht sind, trennbar. Das Instrumentenfeld ist außerhalb der Gestelltüren angeordnet. Es läßt sich herausklappen, so daß das dahinterliegende Schalt- und Anschlußfeld zugänglich wird. Die für die verschiedenen Betriebsfälle notwendigen Verbindungen zwischen den Gestellen werden durch steckbare Leitungen hergestellt.

Schweißen der Polyäthylen-Mäntel von Nachrichtenkabeln

VON EGID KRAUS

Seit Jahren gibt es den Kunststoff Polyäthylen. Er hat sich wegen seiner ausgezeichneten Eigenschaften als Isolierstoff und seiner sehr geringen Wasserdampfdurchlässigkeit auch in der Nachrichtenkabeltechnik gut bewährt. So wird z. B. Polyäthylen bei den Aluminium-Polyäthylen-Kabeln sowohl für die Aderisolierung wie auch für den Kabelmantel verwendet.

Selbstverständlich mußten für diese neuen Kabel auch geeignete Verfahren gefunden werden, die es ermöglichen, die einzelnen Kabellängen miteinander zu verbinden. Einen Kleber, der Polyäthylen mit Polyäthylen oder mit anderen Stoffen so gut verbindet, wie es hier notwendig wäre, gibt es nicht. Die bisher für Verbindungen Polyäthylen-Polyäthylen bekannten HF-Schweißverfahren scheiden wegen des Apparateaufwandes aus. Das außerdem angewandte Heißgas-Schweißverfahren ist zwar in dieser Beziehung günstiger, in der Anwendung für Kabelmontagen aber immer noch verhältnismäßig umständlich. Beide Verfahren sind wohl für die Fertigung, jedoch weniger für Außenarbeiten geeignet. Für die Kabelmontage braucht man Verfahren, die sich durch handliche Geräte, durch Freiheit von besonderen Energiequellen und nicht zuletzt durch Einfachheit bei unbedingter Sicherheit auszeichnen.

Man untersuchte daher verschiedene andere Verfahren auf ihre Brauchbarkeit für die Verbindung von Kabellängen. Eine Möglichkeit bietet sich in der Verwendung von Wickelmuffen. Dabei werden um den gut wärme-geschützten Muffenspleiß mehrere Lagen Polyäthylenband gewickelt, diese Bandage wird mit einer weiteren Lage aus wärmebeständigem, möglichst durchsichtigem Band umwickelt und in geeigneter Art so erwärmt, daß die Polyäthylenbänder unter sich und mit dem Kabelmantel verschweißt werden. Damit lassen sich einfache Verbindungen herstellen, jedoch sind Abzweige für zwei und drei Kabel, wie sie bei Stadtkabelnetzen häufig vorkommen, mit dieser Technik nicht zuverlässig möglich.

Des weiteren gibt es ein Verfahren, bei dem man sich besonders geformter Schweißklingen bedient, um die Hälften quergeteilter Polyäthylenmuffen sowie die Muffenstutzen mit den Kabelmänteln zu verbinden. Die jeweils dem Kabeldurchmesser oder den zu verbindenden



Bild 1 Das neue Polyäthylen-Schweißgerät

Polyäthylenteilen angepaßten Schweißklingen werden hierbei in erhitztem Zustand zwischen die zu verschweißenden Flächen geschoben. Durch gleichzeitiges Zusammendrücken der so erwärmten Teile wird nach Entfernen der Anwärmklinge die gewünschte Verbindung erzielt. Eine Nacharbeit schlecht verschweißter Stellen ist aber dabei recht unbefriedigend zu bewerkstelligen.

Im Haus Siemens wurde vor einiger Zeit ein Schweißverfahren entwickelt, bei dem man Stumpfnähte – d. h. Kabelmantel und Muffenhals stumpf aneinanderstoßend, also nicht überlappend – befriedigend verschweißen kann. Die aneinanderstoßenden Polyäthylenteile werden dabei mit einem hitzebeständigen Kunststoffband sowie mit einem Kupferband umwickelt und mit Hilfe eines kleinen Propangasbrenners oder eines Lötkolbens nach vorgesehener Zeit (etwa 10 Minuten je Naht) geschweißt. Da sich mit diesem Verfahren nur zylindrische Stumpfnähte befriedigend schweißen lassen, muß hier eine Muffenform gewählt werden, die für nachträgliches Öffnen und Wiederschließen wenig geeignet ist.

Diese sich bei der Kabelmontage ergebenden Schwierigkeiten konnten mit einem neuen von Siemens & Halske entwickelten Schweißgerät beseitigt werden. Das Gerät ist verhältnismäßig einfach und kann während des Schweißens mit einer Hand bedient werden. Die nötige Wärme liefert ein kleiner Brenner, der als Betriebsmittel nur das auf Kabelmontagen ohnehin meistens verwendete und in tragbaren Flaschen erhältliche Propangas benötigt.

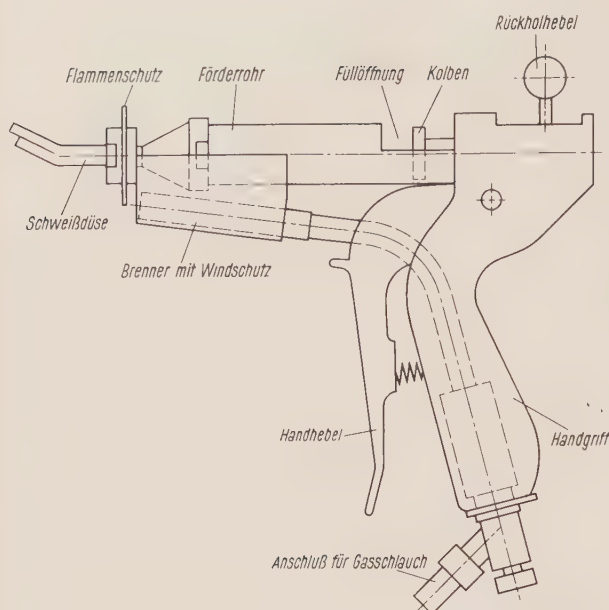


Bild 2 Aufbau des neuen Schweißgeräts

Wie aus den Bildern 1 und 2 ersichtlich, handelt es sich bei diesem Gerät um eine verkleinerte handbedienbare Kunststoffpresse in der Form einer Pistole. Die wesentlichen Konstruktionsteile sind das Förderrohr mit Füllöffnung für das Schweißgut, der Kolben mit Betätigungsmechanismus, der eingebaute Heizbrenner und die Schweißdüse.

Das mit diesem Gerät durchzuführende Arbeitsverfahren entspricht im Prinzip der Schweißung bei Metallen.



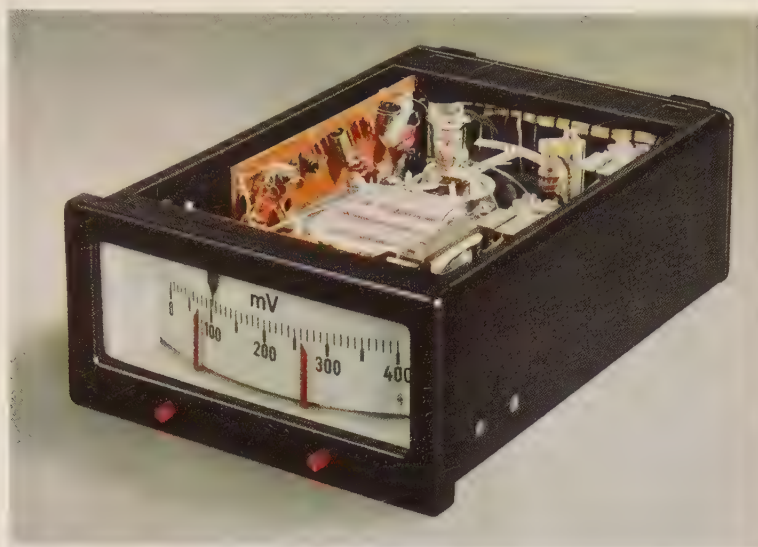
Bild 3 Schweißen der Rundnaht einer Polyäthylen-Abzweigmuße mit dem neuen Schweißgerät in einem Muffenloch

Als Schweißstab (Zusatzmaterial) wird hier das durch Erwärmung in plastischen Zustand versetzte Polyäthylen verwendet. Die in zweckentsprechender Lage geführte Schweißdüse übernimmt die Vorerwärmung der zu verbindenden Nahtkanten. Bekanntlich ist die Wärmespeicherfähigkeit von Polyäthylen groß, so daß der Wärmehalt des aus der Düse tretenden Zusatzmaterials, die Anwärmung der Nahtkanten und der zusätzliche Druck des austretenden Polyäthylens für eine einwandfreie Schweißverbindung sorgen. Die Schweißdüse ist so geformt, daß sowohl stumpf aneinanderstoßende wie auch überlappte Teile miteinander verschweißt werden können. Deshalb braucht bei der Konstruktion der Kabelmuffe auf das Schweißverfahren keine Rücksicht genommen zu werden. Die Form der Muffe läßt sich somit optimal für die sonstigen Montagebelange wählen. Ein großer Vorzug ist es ferner, daß mit diesem Gerät der Schweißstelle Polyäthylen zugeführt wird. Hierdurch ist es nämlich auch möglich, im Werk oder am Montageort geschnittene Kabellängen in einfacher Weise wieder feuchtigkeitsdicht zu verkappen. Selbst beschädigte Kabelmäntel können ohne Schnittstelle und Blindmuffe auf der Strecke repariert werden, sofern die Kabelseele unbeschädigt und trocken geblieben ist.

Das zusätzliche Polyäthylen – in seiner Zusammensetzung gute Verarbeitbarkeit und Beständigkeit kombinierend – wird in Form von vorgefertigten Röllchen durch die Füllöffnung in das Förderrohr eingeführt. Eine volle Füllung besteht aus drei solcher Röllchen und reicht für 50 bis 55 cm Schweißnaht. Nach Erwärmen des Zusatzmaterials mit Hilfe des eingebauten Propangasbrenners kann der Kolben durch Betätigen des Handhebels vorgeschoben und somit das plastische Polyäthylen aus der Schweißdüse gepreßt werden. Im Kolben befindet sich außerdem eine Druckfeder, die den durch das Nachholen des Handhebels entstehenden ruckweisen Vorschub puffert, damit das Zusatzmaterial stetig aus der Düse tritt. Der zum Vermeiden einer Überhitzung des Polyäthylens für eine verhältnismäßig kleine Flamme besonders konstruierte Kopf des Propangasbrenners ist mit einem Windschutz umkleidet. Das Polyäthylen ist im Druckzylinder vor Luftzutritt geschützt und geht im erhitzten Zustand mit dem zu verschweißenden Material beim Austritt aus der Düse gleich die Schweißverbindung ein, so daß die Schweißstelle bei richtiger Handhabung nicht durch Oxydation gefährdet werden kann. Die Schweißgeschwindigkeit beträgt, je nach Wanddicke des zu verschweißenden Polyäthylens, etwa 10 cm/min.

Selbstverständlich muß, um eine einwandfreie Ausführung der Schweißarbeiten mit diesem Gerät zu erzielen, vom Monteur ein angemessenes handwerkliches Können gefordert werden (Bild 3), jedoch kein größeres, als es zum Schmieren von Zinnplomben bei den bisher üblichen Bleimuffen haben mußte.

Bild 1 Schalttafelinstrument
144 × 72
mit Grenzwertmeldern



Rechteckiges Schalttafel-Instrument 144 × 72 mit Grenzwertmeldern

VON HERBERT SUTTER

Von den bekannten Verfahren zur Grenzwertmeldung bei anzeigenden und schreibenden Meßgeräten hat sich die Ausführung mit induktiven Abgriffen und nachgeordneter Transistorschaltung gegenüber den anderen Verfahren, wie kapazitive, fotoelektrische oder mechanische Abtastung der Zeigerstellung, als besonders vorteilhaft erwiesen. Wesentlich hierfür waren der geringe Platz- und Leistungsbedarf der Transistoren, die hohe Betriebssicherheit und die sofortige Betriebsbereitschaft, da keine Anheizzeit erforderlich ist

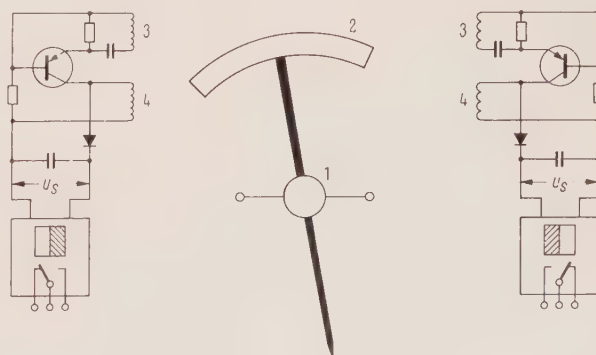
Die Grenzwertmeldung des beschriebenen Schalttafelinstrumentes ist mit heutigen Mitteln der elektronischen Technik, also z. B. elektrischen Kleinbauteilen und geätzten Schaltungen, aufgebaut. Die günstigen Abmessungen dieser Bauteile ermöglichen es, in dem vorhandenen Raum die Hochfrequenzspulen für Maximal- und Minimalkontakt einschließlich der Elektronik sowie die nachgeschalteten Transistorstufen mit einem Relais für eine Schaltleistung von 60 V·A unterzubringen. Außerdem ist Platz für die zur Spannungsversorgung der Transistoren notwendigen Bauteile, z. B. den Netztransformator.

Zum Betrieb des Instrumentes genügt der Anschluß an eine Netzspannung von 220 oder 110 V. Während bei der bisherigen quadratischen Ausführung des Grenzwert-Meldeinstrumentes mit den Frontabmessungen 144 mm × 144 mm nur ein Teil der Baugruppen im Innern des Gerätes untergebracht werden konnte und für den Rest

ein Zusatzgerät erforderlich war, sind bei der Ausführung 144 × 72 – wie erwähnt – alle Bauteile in einem Gerät vereinigt¹⁾.

Schaltung und Wirkungsweise

Eine fest mit dem Zeiger des Meßwerkes (1 in Bild 2) verbundene Schirmfahne (2) gelangt beim Erreichen des eingestellten Grenzwertes zwischen Schwingkreis und Rückkopplungsspule (3, 4) eines Transistor-Oszillators und unterbricht die Oszillatorschwingung und damit die Spannung am Gleichrichterausgang. Die angeschlossene Kippstufe steuert den Schalttransistor, dessen Ausgangsleistung zum Betätigen eines Relais mit 60 W Schaltleistung ausreicht.



1 Meßwerk 2 Schirmfahne 3, 4 Rückkopplungsspulen

Bild 2 Wirkschema des Schalttafelinstrumentes 144 × 72 mit Grenzwertmeldern

¹⁾ Kalusche, H. und Stigler, V.: Ein elektronischer Grenzwertmelder. Siemens-Zeitschrift 31 (1957) 516 bis 518

Anzeige und Signalgabe sind wegen der starren Kopplung zwischen Schirmfahne und Zeiger eindeutig einander zugeordnet. Die Signale werden bei Erreichen des eingestellten Maximal- oder Minimalwertes ohne Einwirkung auf die Meßwertanzeige ausgelöst und bleiben wegen der Länge der Fahne bei Über- oder Unterschreiten dieser Werte bis zum Endausschlag oder bis zur Zeigernullstellung des Instrumentes erhalten. Auch bei Ausfall der Elektronik oder der Hilfsspannung wird das Signal ausgelöst, da die Transistorschaltstufe nach dem Ruhestromprinzip arbeitet. Der hohen Schaltleistung steht ein nur sehr geringer Eigenverbrauch der Elektronik gegenüber. Einschaltverzögerungen treten nicht auf.

Meßwerk

Das rechteckige Schalttafelinstrument 144×72 mit elektronischen Grenzwertmeldern wird mit Drehspulmeßwerk gebaut, kann aber auch mit Dreheisen-, Quotienten- oder elektrodynamischem Meßwerk ausgeführt werden. Bei den Dreheisen- und den elektrodynamischen Instrumenten muß jedoch der Transformator zur Stromversorgung der Transistorschaltstufen in einem kleinen Zusatzgehäuse untergebracht werden.

Das Drehspulmeßwerk hat einen Kernmagnet und Spannbandlagerung. Es zeichnet sich als Kernmagnetmeßwerk durch eine gute magnetische Schirmung aus, die den Fremdeinfluß auf 1/50 des Wertes bei Außenmagneten verkleinert. Er beträgt nur noch etwa 0,5%/100 G.

Aufgrund des sinusförmigen Verlaufs der Luftspaltinduktion, der sich bei der Kernmagnet-Bauart von selbst ergibt, kann die Skale im Anfangs- oder Endbereich innerhalb bestimmter Grenzen gestreckt werden. Allerdings sind bei solchen Skalenteilungen sowohl Dämpfung als auch Einstellmoment innerhalb der Skale recht unterschiedlich. Es ergibt sich hieraus, daß stark verzerrte Skalenteilungen nicht ausgeführt werden dürfen, wenn mit sprunghaften Änderungen der Meßgröße ge-

rechnet werden muß und eine beliebige Einstellung der Grenzwerte im Skalenbereich gefordert wird.

Bei waagerechter Einbaulage, also senkrechter Spannbandlage, konnte die Empfindlichkeit gegenüber den bisher mit Grenzkontakten ausgerüsteten Instrumenten der Größe 144×144 wesentlich gesteigert werden. Die kleinsten Meßbereiche sind:

für Strommesser	0 bis 4 μ A bei 15 k Ω Systemwiderstand
für Spannungsmesser	0 bis 10 mV bei 1 mA Stromaufnahme

Grenzkontakt-Elektronik

Die Schirmfahne, die bei Eintritt in die HF-Spulen das Signal auslöst, ist so gestaltet, daß bei jeder beliebigen Stellung der Kontaktmarke innerhalb der Skale ein Signal ausgelöst wird und erhalten bleibt, ohne daß der Zeiger festgehalten wird. Der Meßwert kann also weiterhin vom Skalenanfang bis zum Skalenende abgelesen werden.

Erst beim Über- oder Unterschreiten des Grenzwertes, also wenn der Zeiger in dem Bereich zwischen den beiden eingestellten Grenzwerten steht, wird das Signal gelöscht. Das Gerät arbeitet mit einer monostabilen Schaltstufe. Die Konstruktion der Schirmfahne erübrigt die bistabile Ausführung.

Im Gegensatz zu den bisher mit Grenzkontakten gefertigten Instrumenten 144×144 ist es also bei der neuen Konstruktion nicht notwendig, die Art der Schaltanordnung vorab zu wählen.

Das neue Instrument kann erhalten:

- a) einen Maximalkontakt,
- b) einen Minimalkontakt,
- c) einen Maximal- und Minimalkontakt,

jeweils von außen über den gesamten Skalenbereich einstellbar. Bei der Ausführung mit zwei Grenzwertabgriffen (Bild 3) beträgt der kleinste einstellbare Abstand zwischen den roten Einstellmarken etwa 3% der Skalenlänge. Die Marken werden mit Hilfe der im Gehäusefrontrahmen versenkbaren roten Stellknöpfe betätigt. Die Einstelltoleranz beträgt etwa $\pm 0,5\%$ der Skalenlänge.

Anwendungsmöglichkeiten

Die Vereinigung von Elektronik, Relais und Meßsystem in einem Gehäuse mit Profilscale macht das Instrument sowohl für den Schalttafeleinbau als auch für die Verwendung in Geräten besonders vorteilhaft. Die Grenzkontakte lassen die Lösung zahlreicher Schaltaufgaben zu. So können in Verbindung mit entsprechenden Folgeschaltungen Pegelüberwachungen, automatische Meßbereichumschaltungen für Instrumente, Grenzwertsignalisierungen, automatisches Sortieren und die verschiedensten Schaltfunktionen ausgeführt werden.

Die Bestückung der Geräte mit Germanium-Halbleiterelementen begrenzt die Betriebstemperatur auf $< 60^\circ\text{C}$.

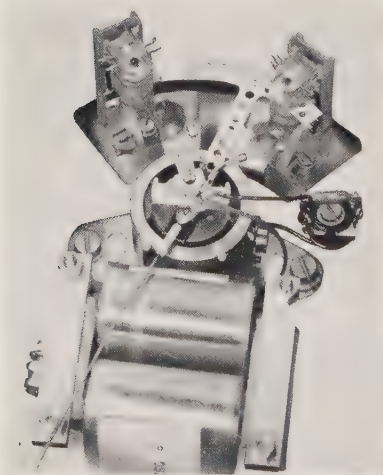


Bild 3 Drehspul-Kernmagnetmeßwerk mit zwei induktiven Abgriffen

Linien-schreiber zum Anschluß an Großbereichswandler

VON GERHARD JENTSCH

Zum Überwachen von Strom- und Leistungswerten in der Elektrizitätsversorgung werden normalerweise Stromwandler verwendet, die zwischen 10 und 120% des Nennstromes geprüft werden. Der Nennstrom der Wandler richtet sich nach den Betriebsnennwerten, und die Meßbereichswerte der angeschlossenen Linien-schreiber mit direkt anzeigenden und schreibenden Meßwerken werden so bemessen, daß sie innerhalb der oberen Fehlergrenzen der Stromwandler liegen, also bei maximal 120% der Nennströme. Die betriebsmäßigen Nennwerte werden dann im letzten Drittel der nutzbaren Schreibbreite registriert, so daß die Schreibgenauigkeit optimal ausgenutzt wird. In den letzten Jahren sind die Belastungsbereiche von Wandlerzählern erweitert worden. Das führte zur Entwicklung von sogenannten Großbereich-Stromwandlern, die nach VDE 0414 zwischen 5 und 200% des Nennstromes geprüft werden und die zulässigen Fehlergrenzen in diesem Bereich einhalten.

Schon mit Rücksicht auf eine einfache Lagerhaltung werden heute Großbereichswandler und -zähler als Meßsätze im Bereich der EVU in steigendem Maße eingesetzt. Diese Entwicklung nimmt noch weiterhin zu, so daß es erforderlich wurde, die schreibenden Meßgeräte zum Überwachen der Ströme und Leistungen so auszulegen, daß sie auch an diese Großbereichswandler angeschlossen werden können.

Mit den allgemein für Aufgaben dieser Art verwendeten analog anzeigenden und schreibenden Registriergeräten aus der Klasse der Betriebsmeßgeräte läßt sich jedoch nicht erreichen, daß sie über den vollen bei einem Wandler erzielbaren Großbereich hinreichend genau aufzeichnen. Deshalb wird es notwendig, den Schreiber umzu-eichen, wenn eine bleibende Änderung der Belastung dazu geführt hat, daß der Betriebsnennwert, für den der Schreiber geeicht ist, nicht mehr mit dem Nennwert des Großbereichswandlers übereinstimmt.

Für den häufigeren Fall der kurzzeitigen Belastungs-änderung, die auftritt, wenn ein Abzweig eines ver-

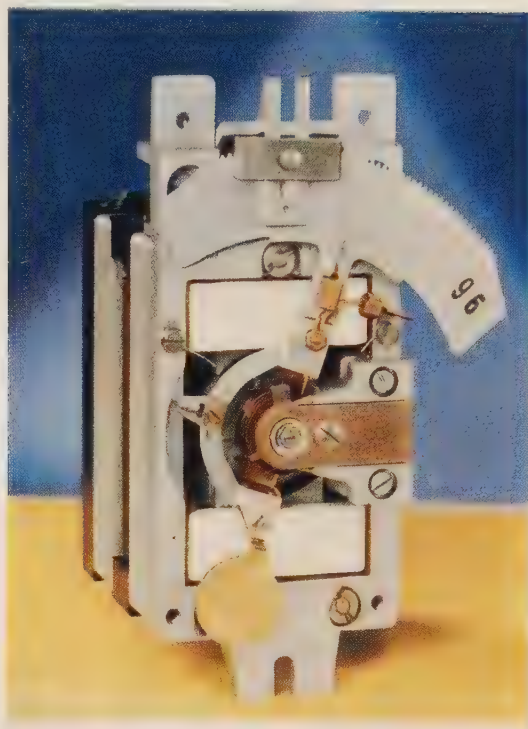


Bild 1 Zweisystemiges elektrodynamisches Linien-schreiber-Meßwerk mit Zusatzfeder für den Überlastbereich. Die Verbindung zum Schreibarm faßt links an dem halbkreisförmigen Verbindungsstück an. In die Verzahnung am Dämpferflügel greift ein Ritzel ein, wenn zusätzlich eine Öldämpfung benötigt wird. Wie das Meßwerk im Schreiber angeordnet ist, zeigt Bild 4

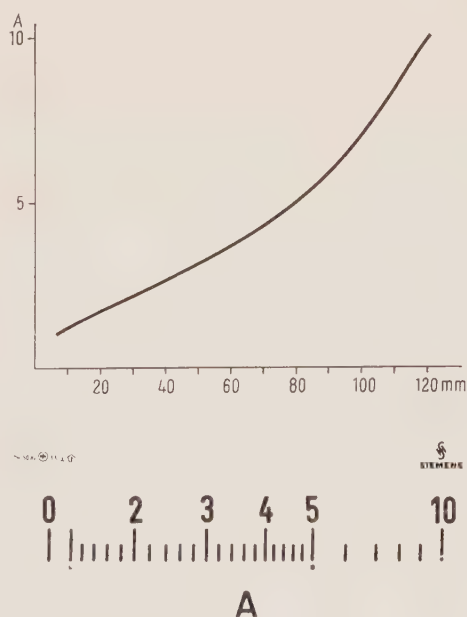


Bild 2 Kennlinie eines elektrodynamischen Meßwerkes mit vorgeschaltetem Sättigungswandler (oben); darunter Skale eines Linien-schreibers mit elektrodynamischem Meßwerk und Sättigungswandler

maschten Netzes im Störfall die Leistung eines anderen mit übernehmen muß, empfiehlt es sich, Linienschreiber mit 100 % Überlastbereich einzusetzen.

Zum Überwachen von Strömen wurden hierfür bisher normale elektrodynamische Meßwerke (Bild 1) oder Drehspulmeßwerke mit Gleichrichter, beide mit vorge-

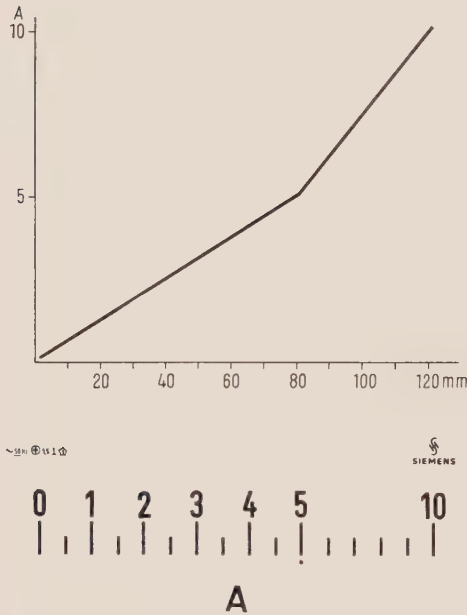


Bild 3 Kennlinie eines elektrodynamischen Meßwerkes mit Zusatzfeder im Überlastbereich (oben); darunter Skala eines Linienschreibers mit elektrodynamischem Meßwerk und Zusatzfeder im Überlastbereich

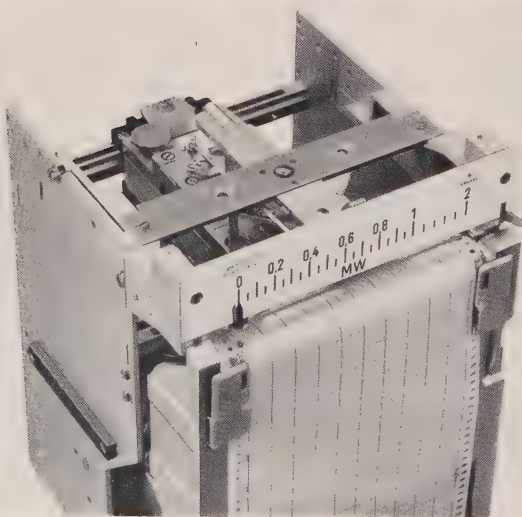


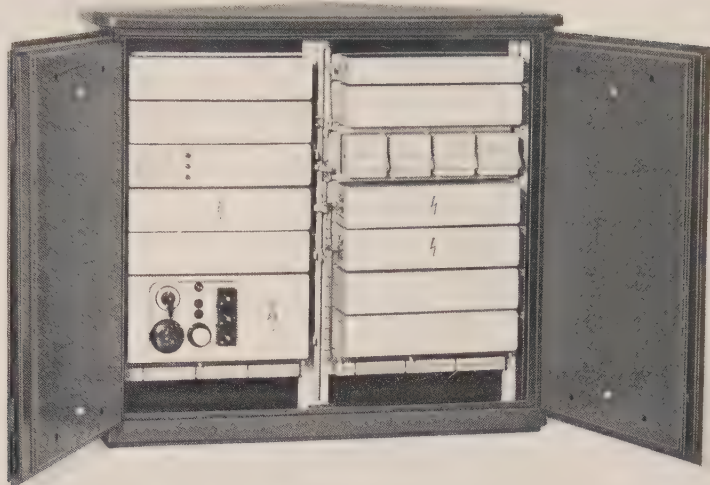
Bild 4 Chassis eines Wirkleistungsschreibers mit eingebautem Meßwerk mit Zusatzfeder und Skala für einen Überlastbereich von 100 %

schaltetem Sättigungswandler, verwendet. Bild 2 (oben) zeigt die bisher mit einer solchen Meßschaltung erreichte Kennlinie. Bei einem Nennstrom von 5 A liegt der Meßbereich, wie Bild 2 (unten) zeigt, zwischen 1 und 5 A. Der Überlastbereich von 100 bis 200 % des Nennstromes ist im letzten Skalendrittel gedrängt. Infolge der Remanenz des Eisens können Stromwerte unter 1 A nicht mehr aufgezeichnet werden, und die Krümmung der Kennlinie im eigentlichen Meßbereich, die von dem Sättigungswandler hervorgerufen wird, verursacht Unlinearitäten, die sich auch im Überlastbereich fortsetzen.

Um die Nachteile von Meßschaltungen mit Sättigungswandlern zu vermeiden, werden neuerdings in das Meßwerk zusätzliche Torsionsfedern eingebaut, die erst im Überlastbereich wirksam werden. Auf diese Weise gelingt es, die Skalencharakteristik zu linearisieren. Bild 1 zeigt die konstruktive Ausführung eines Meßwerkes mit einer im Überlastbereich wirksamen Torsionsfeder. Im Meßbereich bewegt sich das bewegliche Organ gegen das normale Drehmoment üblicher Torsionsfedern. Beim Übergang zum Überlastbereich drückt die zusätzliche Feder gegen einen Anschlag, so daß ein erhöhtes Drehmoment wirksam wird. Bild 3 (oben) veranschaulicht die lineare Charakteristik, die sich infolge des Wegfalls des Sättigungswandlers und der proportionalen Zunahme des Drehmomentes im Anzeigebereich ergibt. Der lineare Meßbereich nach den »Regeln für Meßgeräte« VDE 0410 erstreckt sich vom elektrischen und mechanischen Nullpunkt bis zum Nennwert, d. h., es können noch Meßwerte unter 1 A abgelesen und registriert werden. Bild 3 (unten) zeigt eine entsprechende Skalenausführung. Die Zusatzfeder ermöglicht es jetzt auch, zweisystemige elektrodynamische Meßwerke für Leistungsmessung mit axial gekuppeltem Haupt- und Nebenmeßwerk für einen Überlastbereich zwischen 100 und 200 % der Nennwerte unter Beibehaltung der linearen Charakteristik im Meß- und Überlastbereich auszuführen. Bild 4 zeigt die Skala eines derartigen Meßwerkes. Die Betriebsnennwerte werden auch hier bei zwei Drittel der nutzbaren Schreibbreite registriert, und der Überlastbereich ist im letzten Skalendrittel gedrängt.

Meßwerke mit mechanischer Zusatzfeder für den Überlastbereich lassen sich nicht nur als ein- oder zweisystemige elektrodynamische Meßwerke, sondern auch als Drehspulmeßwerke oder Drehspulmeßwerke mit Gleichrichter für nutzbare Schreibbreiten von 100 und 120 mm ausführen und in alle üblichen Formen der Linienschreiber mit den Frontrahmenabmessungen 144 mm × 144 mm, 192 mm × 240 mm und 192 mm × 288 mm einbauen. In Zweifachsschreibern der Formen 288 × 240 und 288 × 288 ist auch die Kombination mit anderen Meßwerken möglich, z. B. die Ausführung von Wirk- und Blindleistungsschreibern.

Bild 1 Festzeitsteuergerät
der Typenreihe BU
(Vollausbau) mit steckbarer
Programmrangierung



Festzeitsteuergeräte der Typenreihe BU für Verkehrssignalanlagen

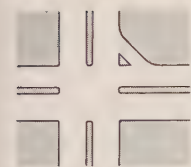
VON HEINZ BENZINGER

Die Aufgabe einer Verkehrssignalanlage ist die sichere und leistungsstarke Abwicklung des Straßenverkehrs. Die Leistungsfähigkeit signal geregelter Knotenpunkte hängt wesentlich davon ab, ob und inwieweit sich die verwendeten Steuergeräte an die wechselnden Verkehrsverhältnisse anpassen lassen. Je nach den örtlichen Verhältnissen, der Zusammensetzung, Richtung und Dichte des Verkehrs werden verschiedenartige Steuereinrichtungen verwendet. An Einzelkreuzungen werden im allgemeinen Festzeitsteuergeräte (automatische Steuerung mit fest eingestellten Zeiten) oder verkehrsabhängige Steuereinrichtungen (selbsttätige Anpassung der Folge und Dauer der Einzelphasen an die Verkehrsverhältnisse, z. B. durch Bodenschwellen, Fahrdrähtkontakte, Fußgängerdruckknöpfe) eingesetzt; Straßenzüge werden vorzugsweise progressiv (»Grüne Welle«) geregelt; für ein Verkehrsnetz (Stadtteile, ganze Städte) kommt zweckmäßigerweise ein zentralgesteuertes Pro-

gressivsystem zum Einsatz. Bild 2 zeigt die für die räumlich verschieden ausgedehnten Bereiche üblichen Verkehrsregelungsarten.

Festzeitsteuertechnik: Steuerung in einzelnen Phasen

Bis vor wenigen Jahren war es üblich, den Verkehr an einer Kreuzung in einer bestimmten Anzahl von Phasen abzuwickeln, d. h., man beschränkte sich darauf, einer oder mehreren Verkehrsrichtungen das Wegerecht zu erteilen und gleichzeitig die diese Verkehrsrichtung gefährdenden Richtungen zu sperren. Nach einer bestimmten Zeit wurde die bisher freigegebene Richtung gesperrt und auf die gleiche Weise nacheinander den anderen Verkehrsströmen das Wegerecht gegeben. Die Leistungsfähigkeit eines solchen reinphasigen Systems ist vor allem von der Anzahl der Phasen bestimmt, da die Wartezeit für eine Verkehrsrichtung von



Einzelkreuzung

Einzelsteuerung:

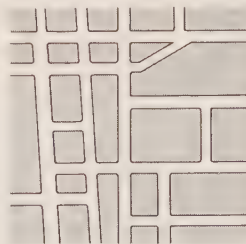
1. Regelung durch Polizeibeamte
2. Handbetätigung von Verkehrssignalen
3. Festzeitsteuerung
4. Halbverkehrsabhängige Steuerung (Phasenumlauf auf Anforderung)
5. Vollverkehrsabhängige Steuerung (selbsttätige Anpassung der Folge und Dauer der Einzelphasen an die Verkehrsverhältnisse)



Straßenzug

Gruppensteuerung:

1. Progressive Festzeitsteuerung
2. Progressive Festzeitsteuerung mit halbverkehrsabhängiger Eingriffsmöglichkeit
3. Verkehrsabhängige Beeinflussung der progressiven Festzeitsteuerung (»elastisches Progressivsystem«)



Verkehrsnetz

Zentralsteuerung:

1. Progressive Festzeitsteuerung
2. Progressive Festzeitsteuerung mit halbverkehrsabhängiger Eingriffsmöglichkeit
3. Verkehrsabhängige Beeinflussung der progressiven Festzeitsteuerung (»elastisches Progressivsystem«)

Bild 2 Die verschiedenen Verkehrsregelungsarten für die einzelnen Regelbereiche bei Verkehrssignalanlagen

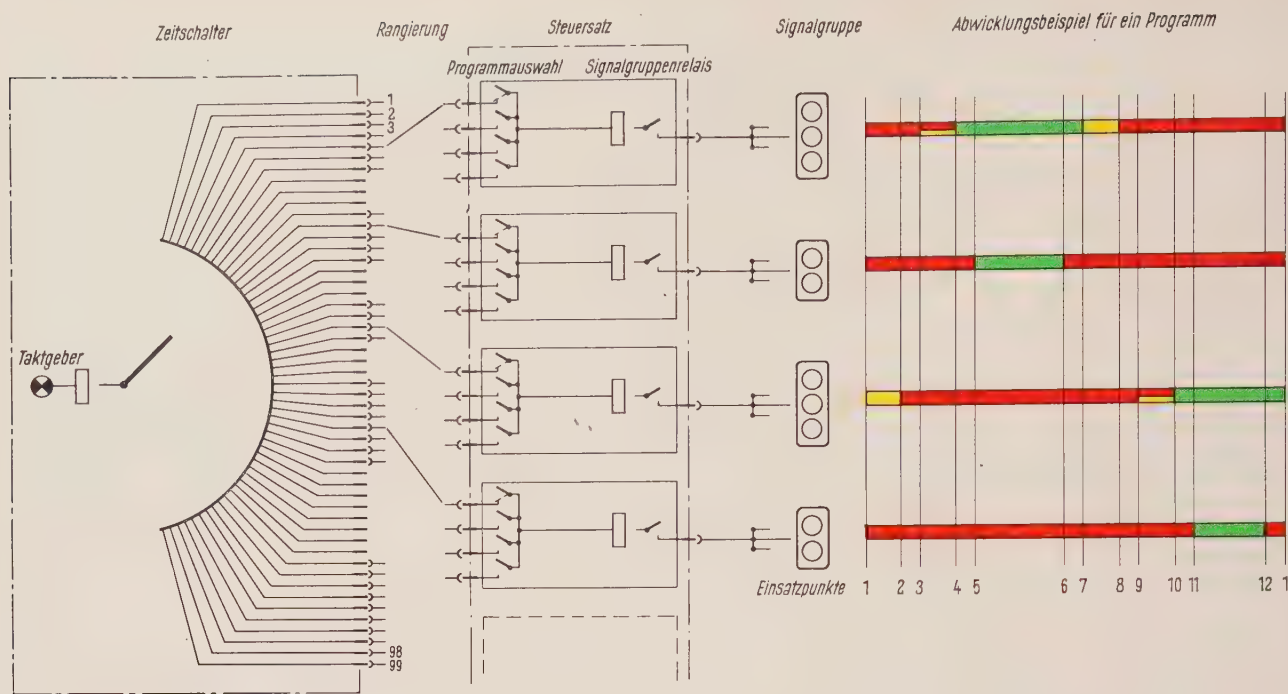


Bild 3 Schematischer Aufbau der Festzeitsteuergeräte der Typenreihe BU mit einem Verkehrsabwicklungsbeispiel für zwei Fahrzeug- und zwei Fußgängersignalgruppen

der Anzahl und Dauer der Sperrphasen für diese Richtung abhängt. Dieser Grund war dafür entscheidend, daß im allgemeinen nur 2- bis 4phasige Geräte verwendet wurden. Andererseits war damit die Anpaßbarkeit der Steuereinrichtungen an die vorherrschenden Verkehrsverhältnisse doch sehr eingeschränkt.

Neuer Weg beim BU-System: Unabhängige Ansteuerung der Signalgruppen

Den Nachteil der reinphasigen Steuerung beseitigte man – zunächst vereinzelt, dann in immer stärkerem Maße – damit, daß man mehrere reinphasige Steuersysteme an einem Einzelknoten einsetzte und durch sinnvolle zeitliche Verschiebung der Einsatzpunkte der Einzelsysteme eine optimale Anpassung erzielen konnte. Bei der Regelung von Straßenzügen oder Verkehrsnetzen ergab sich damit weiter der Vorzug, die durch die Progressivsteuerung notwendigen Versetzungszeiten von Kreuzung zu Kreuzung einhalten zu können, ohne eine steuerungsbedingte Leistungsminderung an den Einzelknoten hinnehmen zu müssen.

Siemens & Halske ist mit den Steuergeräten der Typenreihe BU noch einen Schritt weitergegangen: Der Verkehr wird nicht mehr in Phasen abgewickelt, sondern die einzelnen Signalgruppen* an einer Kreuzung werden voneinander unabhängig angesteuert. Damit besteht für den Verkehrsingenieur eine vollkommene Freizügigkeit hinsichtlich der Verkehrsabwicklung: Die Einsatzpunkte für die einzelnen Signalgruppen können in jedem beliebigen Zeitpunkt – ohne irgendwelche Ab-

hängigkeiten von anderen Signalen – gegeben werden. (Sinnvolle Abhängigkeiten, die verkehrsgefährdende Situationen verhindern, bleiben davon selbstverständlich unberührt.)

Aufbau und Arbeitsweise der Geräte

Die Steuergeräte BU sind nach dem Bausteinsystem aufgebaut. Die einzelnen Baugruppen werden mit Steckverbindungen zusammengeschaltet. Deshalb sind u. U. notwendige Arbeiten am Gerät sehr einfach durchzuführen und nachträgliche Änderungen, besonders auch Erweiterungen, ohne Schwierigkeiten möglich. Bei Wartungs- und Prüfarbeiten oder in Störfällen können die einzelnen Schienen leicht ausgetauscht werden.

Bild 3 zeigt den schematischen Aufbau eines Steuergerätes und ein Abwicklungsbeispiel. Von einem Taktgeber werden im Normalfall sekundliche Impulse erzeugt, die auf das Anschlußfeld eines Zeitschalters gelegt werden. An diesen Sekundenraster werden über Programmauswahl-Einrichtungen die An- und Abwicklungen der Signalgruppenrelais rangiert. Die Kontakte dieser Relais schalten die Glühlampen in den Signalgebern. Die Rangierung kann eingelötet oder mit sogenannten »Programmköpfen« gesteckt werden. Diese Rangierung, die völlig freizügig für jedes Programm vorgenommen werden kann, bestimmt die Anpassung des Gerätes an die vorherrschenden Verkehrsverhältnisse. Die Anzahl und Reihenfolge der Einsatzpunkte

* Unter einer Signalgruppe versteht man die Summe der Signalgeber, die in jedem Zeitpunkt das gleiche Signalbild zeigen.

für das Umschalten der Signalbilder der einzelnen Signalgruppen können von Programm zu Programm geändert werden – eine verkehrstechnische Grundforderung, die in der Festzeitsteuertechnik in immer größer werdendem Umfang gestellt wird.

Die wichtigsten Leistungseigenschaften

Entsprechend den örtlichen Verhältnissen, denen das Gerät angepaßt werden soll, kann das Steuergerät je nach Ausbau mit ein, zwei oder drei Steuersätzen ausgerüstet werden. Je Steuersatz können sechs Fahrzeug- oder zwei Fahrzeug- und acht Fußgänger- oder vier Fahrzeug- und vier Fußgängersignalgruppen angeschlossen werden. Es hat sich gezeigt, daß das Ein- oder Abschalten einer Anlage mit den Signalbildern »Grün« (meistens in der Hauptrichtung) und »Rot« (Nebenrichtung) zu Schwierigkeiten führen kann. Die BU-Geräte werden deshalb auf Wunsch mit einem Zusatz geliefert, der das Ein- und Abschalten über eine Räumzeit (»Gelb«) vornimmt.

Um den zeitlich sich ändernden Verkehrsverhältnissen gerecht zu werden, arbeiten die Steuergeräte mit bis zu vier Programmen. Zum Programmwechsel kann die entsprechende Programmtaste in jedem Zeitpunkt gedrückt werden. Der Umschaltimpuls wird dann so lange gespeichert, bis das Gerät den sogenannten »günstigen Schaltpunkt« erreicht hat, d. h., bis sämtliche Signalgeber ein bestimmtes Signalbild zeigen, das in allen Programmen vorkommt. Beim Umschalten des Programms in diesem Zeitpunkt ist dann sichergestellt, daß die Signalgeber weder Farbsprünge noch ungebräuchliche Signalfolgen zeigen.

Gelegentlich wird der Wunsch geäußert, auch bei komplizierten Geräten eine Weiterschaltung der Signale von Hand vornehmen zu können (z. B. bei Unfällen oder unvorhersehbarem Verkehrsanfall). Es ist nun aber für den Bedienenden praktisch unmöglich, bei einer umfangreichen Verkehrsabwicklung die einzelnen Einsatzpunkte und Signalzustände von seiner Bedienungsstelle aus überblicken oder gar steuern zu können. (Als Beispiel eine Zahl: Es kommt gelegentlich vor, daß während eines Phasenumlaufs von z. B. 90 s 30 bis 40 verschiedene Einsatzpunkte auftreten.) Für solche Fälle kann deshalb ein eigenes Handschaltprogramm rangiert werden, dem zweckmäßigerweise eine wesentlich vereinfachte Verkehrsabwicklung (etwa im Sinne eines reinphasigen Systems) zugrundegelegt wird.

Durch den Einbau von Zusätzen können die Geräte zu einer Gruppensteuerung für »Grüne Wellen« zusammengeschaltet werden, wobei zu ihrer Verbindung ein Adernpaar (Ringleitung) ausreicht. Die einzelnen Steuergeräte werden dabei mit je einer Empfangsschiene versehen, die von einer übergeordneten Kommandoschiene aus die Steuerbefehle für Ein- und Ausschalten sowie Programmwechsel erhalten. Eine Überwachungsschaltung sorgt dafür, daß diese Befehle nur dann wirk-

sam werden, wenn sie in allen Geräten richtig und unverstümmelt angekommen sind. Die Zeitschalter aller Geräte werden in jedem Phasenumlauf synchronisiert. Geringe Abweichungen eines Zeitschalters werden automatisch korrigiert, bei größeren Abweichungen wird der betreffende Zeitschalter aus der Synchronisierung gelöst; das Steuergerät bleibt dann trotzdem als Einzelsteuergerät weiter in Funktion. Die Störung wird in der Kommandostelle angezeigt. Die Kommandoschiene selbst wird zweckmäßigerweise in einem der Steuergeräte untergebracht.

Soll an einem Knotenpunkt eine gering frequentierte Verkehrsrichtung nur auf Anforderung hin ihr Wege-recht erhalten, so kann das Gerät mit einem Anforderungszusatz ausgerüstet werden. Ein anderer Anforderungsfall liegt vor, wenn z. B. ein Massenbeförderungsmittel (Bus, Tram) eine besondere Wegerechtsphase benötigt. In solchen und ähnlichen Fällen wäre es mit Rücksicht auf die Verkehrsleistung nicht zu vertreten, in jedem Phasenumlauf einen entsprechenden Zeitbetrag (einschließlich Räumzeiten) zu berücksichtigen, wenn andererseits erfahrungsgemäß nur nach z. B. jedem fünften Umlauf eine Anforderung vorliegt, also der Zeitbetrag hierfür ausgenutzt werden würde. Mit den Geräten des BU-Systems lassen sich derartige verkehrsabhängige Aufgaben sehr einfach lösen: Für den Anforderungsfall wird ein Sonderprogramm rangiert, das verkehrsabhängig während eines Umlaufes eingeschaltet wird. Nach dem Sonderumlauf läuft das Gerät dann selbsttätig in das Normalprogramm zurück, bis eine neue Anforderung wieder einen Sonderumlauf erzwingt.

Zum besonderen Schutz gegen verkehrsgefährdende Signalgabe (z. B. Ausfall einer Rotlampe in der Hauptverkehrsrichtung oder falsche Ansteuerung der Signalstromkreise) werden die Geräte mit einer Signalüberwachung ausgerüstet. Bei Sicherheitsausfall oder Ansprechen der Signalüberwachung wird eine Störungsmeldung gegeben. Ein selbsttätiges Abschalten der Anlage im Störfall ist möglich.

Das Bedienen der Geräte kann von Hand oder von einer Schaltuhr geschehen. Für den Betrieb mit einer Schaltuhr und für eine u. U. erforderliche Fernbedienung sind die entsprechenden Anschlüsse im Gerät vorhanden.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß die Festzeitsteuergeräte der Typenreihe BU sowohl für die Verwendung an einfacheren als auch an kompliziertesten Knotenpunkten geeignet sind, ganz besonders dann, wenn die Verkehrsverhältnisse erhöhte Anforderungen an die Anpaßbarkeit der Steuereinrichtungen stellen. Mit Zusätzen können die Geräte zu einer Gruppensteuerung für »Grüne Wellen« zusammengeschaltet werden. Die gewählte Bausteinausführung gewährleistet ein einfaches Arbeiten am Gerät und läßt nachträgliche Erweiterungen ohne Schwierigkeiten zu.

Ein neuer Signalgeber für Verkehrssignalanlagen

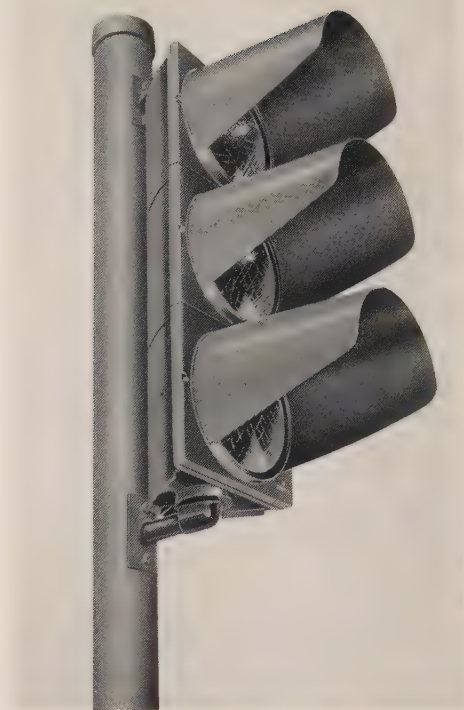
VON HERBERT GUDT

Die für den Verkehrsteilnehmer sichtbaren Teile einer Verkehrssignalanlage sind die Signalgeber, im Sprachgebrauch auch Verkehrsampeln genannt. Von der aus dem Jahre 1932 stammenden bewährten Ausführung wurden von Siemens & Halske bis heute mehr als 50000 geliefert.

Diese seit drei Jahrzehnten bewährte Ausführung wurde jetzt bezüglich der Kombinationsmöglichkeiten den neuen Anforderungen der Verkehrsentwicklung angepaßt. Durch ein neues Signalgebersystem, mit dem sich in einfacher Weise alle Signalgeberkombinationen zusammenstellen lassen, werden die aus der Praxis kommenden Wünsche voll erfüllt.

Der neue Signalgeber (s. Bild), der sich äußerlich durch seine glattere, ruhigere und gefälligere Form vom bisherigen unterscheidet, ist nach einem Bausteinprinzip zusammensetzbar. Ober- und Unterseite der Signalfelder sind so ausgebildet, daß sich fugenlos zwei-, drei- und auch mehrfeldige Signalgeber zusammensetzen lassen. Die Einzelfelder werden durch getrennt gelieferte Befestigungen miteinander verbunden. Das gleiche gilt für den oberen und den unteren Abschluß, die, entsprechend der Anbringungsart des Signalgebers am Mast, verschieden sein können. Die für die Fußgänger- und Sondersignale benötigten Masken können bequem am Aufstellungsort eingelegt werden. Dieses System ermöglicht es, mit nur wenigen Bauteilen alle Anforderungen zu erfüllen, die von der Verkehrsregelung her an die Signalgeber gestellt werden. In kürzester Zeit lassen sich damit alle Signalgeberkombinationen mit wenigen Handgriffen selbst an Ort und Stelle zusammensetzen.

Entsprechend dem steigenden Bedarf an vollständigen Signalgebern und der sich aus dem Bausteinprinzip ergebenden großen Stückzahl von Einzelfeldern war es möglich, besonders wirtschaftliche Herstellverfahren zu wählen. Anstelle der Sandgußteile traten bei dem neuen Signalgeber Druckgußteile aus einer wetterfesten Leicht-



Signalgeber, aus Baueinheiten zusammengesetzt

metall-Legierung. Die zwischen Gehäuse und Tür in einer Nut liegende Rundgummidichtung macht das Gerät wasserdicht. Das farbige Streuglas wird ohne zusätzliche Befestigungsmittel mit einem Profilgumming sicher in seiner Lage gehalten. Bei der Verwendung von Masken werden diese mit dem Streuglas zusammen eingelegt. Der versilberte Glasreflektor wurde bei dem neuen Gerät durch einen gegen Bruch unempfindlichen Metallreflektor aus Reinstaluminium ersetzt. Die Spiegelfläche ist elektrolytisch poliert, eloxiert und gedichtet. Die Glühlampenfassung, hergestellt aus einem warmfesten, ausscheidungsfreien Formstoff, wird mit einer Klemmschelle im Reflektorhals gehalten. Nach Lösen der Klemmschraube läßt sich die Fassung in axialer Richtung verschieben. Durch diese Maßnahme ist es möglich, die Wendel der Glühlampe genau in den Brennpunkt des Reflektors zu bringen und damit eine maximale Ausleuchtung des Signals zu erreichen. Da sich die Paraboloidform bei einem Metallreflektor wesentlich genauer herstellen läßt als bei einem geblasenen Glasreflektor, das Reflexionsvermögen eines Aluminiumreflektors aber mindestens ebenso gut wie das des Glasreflektors ist, ergab sich bei gleicher Lampenleistung bei dem neuen Signalgeber ein besserer Auffälligkeitsgrad. Durch ein neuartiges Streuglas und eine Blende wird es in Zukunft möglich sein, die Phantombildung bei Sonneneinstrahlung auf das geringstmögliche Maß herabzudrücken.

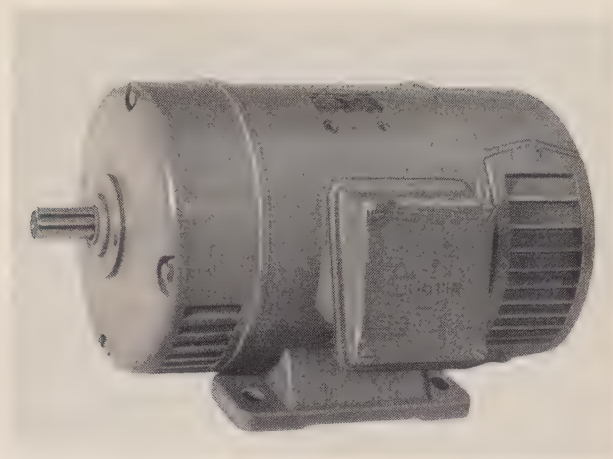
Neue Gleichstrommaschinen der Reihe G 2

VON RUDOLF HÖPPNER

Die Entwicklung der elektrischen Antriebstechnik seit der Jahrhundertwende ist gekennzeichnet durch den Übergang vom Gleichstrom- zum Drehstromantrieb. Der geringe Anschaffungspreis, die Betriebssicherheit und die äußerst kleinen Wartungskosten ergaben eindeutige wirtschaftliche Vorteile des Drehstrom-Käfigläufermotors gegenüber dem Gleichstrommotor. Jedoch hat sich der Gleichstrommotor überall dort behauptet und ist seit zwei Jahrzehnten überall dort wieder im Vordringen, wo seine besonderen Eigenschaften – große Anpassungsfähigkeit in der Drehzahl und im Drehmoment, d. h. mit wirtschaftlichem Aufwand erreichbare große und feinstufige oder gar stufenlose Drehzahlsteuerbarkeit – von Drehstrommotoren nicht erfüllt werden können. Besonders bei den Produktionsverfahren der verschiedenen Industriezweige steigen wegen der fortschreitenden Automatisierung und Rationalisierung die Ansprüche an die Veränderbarkeit der Antriebsdrehzahlen ständig, d. h., es wird immer genauere, schnellere und erweiterte Steuerbarkeit gefordert; damit steigt aber ständig der Bedarf an hochwertigen Gleichstrommotoren.

Um diesen Anforderungen der industriellen Antriebstechnik zu entsprechen, hat das Elektromotorenwerk der Siemens-Schuckertwerke in Bad Neustadt (Saale) eine neue Reihe von Gleichstrommaschinen des Typs G 2 entwickelt, die den Leistungsbereich von 0,18 bis 2,2 kW bei 1450 U/min umfaßt. Diese neue Reihe bildet den unteren Anschluß an die bereits vor einigen Jahren vom Nürnberger Maschinen- und Apparatewerk neu entwickelte Gleichstrommaschinenreihe G 9 mit den Leistungen von 2,7 bis 38 kW.

Bei der Entwicklung neuer Maschinenreihen ist bisher das Gewicht je Kilowatt abgegebener Leistung, das sogenannte Leistungsgewicht, regelmäßig gesenkt worden. Zugleich wurde auf gutes Betriebsverhalten, geringe Wartung sowie auf einen weiten und stabilen Steuerbereich geachtet, so daß sich die Maschinen gut für Steuer- und Regelaufgaben eignen. Alle Motoren sind bei unverminderter Nennleistung im Verhältnis 1:1,5 bis 1:2 durch Feldstromschwächung aufwärts steuerbar, bei einer geringfügigen Nennleistungsminderung von etwa 10% sogar bis 1:3; dabei beträgt die höchste einstellbare Drehzahl etwa 4500 U/min. Um den Einfluß der Ankerückwirkung klein zu halten, wurden bei diesen neuen Maschinen ein großer Luftspalt und eine besondere



Gleichstrommotor G 527-2, 1,1 kW, 1450 U/min

Form der Polschuhe gewählt. Dadurch kann bei allen Motoren, die bis zu 1 : 1,5 durch Feldschwächung aufwärts gesteuert werden, auf die sonst unumgängliche Hilfsreihenschlußwicklung mit ihrer drehzahlstabilisierenden Wirkung verzichtet werden. Das ergibt oft eine Schaltungsvereinfachung, z. B. beim Betrieb mit Umkehr der Drehrichtung. Mit Hilfe von Wendepolen wird auch bei Maschinen kleinster Leistung gute Kommutierung und große Bürstenstandzeit erzielt, und zwar auch unter schwierigen Betriebsverhältnissen.

Die Drehzahl der meisten in der Industrie eingesetzten Gleichstrommotoren wird durch Änderung der Ankerspannung gesteuert. In den USA sind es nach einer amerikanischen Statistik bereits etwa 90% aller Gleichstrommaschinen im mittleren Leistungsbereich, deren Drehzahl durch Ändern der Speisespannung gesteuert wird. Damit lassen sich Drehzahlbereiche von 1 : 30 und mit besonderen Mitteln auch wesentlich größere Verhältnisse erzielen. Sollen bei eigenbelüfteten Maschinen kleine Drehzahlen im Dauerbetrieb eingestellt bleiben, so muß das Drehmoment zurückgesetzt werden. Beispielsweise beträgt für Drehzahlsteuerung mit konstantem Moment bis auf halbe Nenndrehzahl herab bei Maschinen mit einer Nenndrehzahl von 2850 U/min die notwendige Senkung der auf diese Drehzahl bezogenen Leistung nur etwa 7%, bei Maschinen mit einer Nenndrehzahl von 1450 U/min etwa 17%. Kurzzeitig kann die eigenbelüftete Maschine bei kleinen Drehzahlen auch das Nennmoment abgeben. Besonderer Wert wurde bei allen Maschinen auf einen einwandfreien Betrieb bei sehr kleinen Drehzahlen ohne störende Drehmomentpulsationen und das dadurch mögliche störende Geräusch gelegt.

Für die Motoren gelten die genormten Nennspannungen von 110, 220 und 440 V, für die Generatoren 115, 230 und 460 V. Jedoch sind auch Motoren für wesentlich kleinere oder auch höhere Spannungen bis zu 500 V ausführbar. Alle Motoren eignen sich zum Anschluß an

Spannungen mit starker Oberwelligkeit, wie sie bei Einspeisung über Gleichrichter auftritt.

Da bei neuzeitlichen Antrieben die Erregerleistung vielfach über Gleichrichter, Magnetverstärker, Thyatron- oder Transistorgeräte eingespeist wird, wurde die benötigte Erregerleistung bewußt niedrig gehalten. Sie läßt sich bei einer gewissen Leistungsminderung noch weiter senken.

Gute dynamische Betriebseigenschaften sind bei neuzeitlichen Antriebsmaschinen gleich wichtig wie weite Steuerbereiche. Darum wurde bei den Motoren auf ein kleines Schwungmoment besonderer Wert gelegt. Zusammen mit einer kleinen Erregerzeitkonstante und den Maßnahmen zur Verminderung der Ankerrückwirkung ergeben sich sehr kurze Hochlaufzeiten und geringe Verluste; dadurch wird wiederum eine größere Schalthäufigkeit ermöglicht. Motoren bis zur Nennleistung von 1,1 kW können ohne besondere Maßnahmen unmittelbar eingeschaltet werden.

Durch symmetrische Schaltung der Wendepolwicklung beiderseits vom Anker sind die Maschinen grundentstört. Eine weitere Entstörung nach dem Funkstörgrad N nach VDE 0875/12.59 ist durch Anschließen eines Entstörkondensators möglich, der im Lagerschild der Maschine untergebracht wird.

Weil der Isolation eine besondere Bedeutung für die elektrische und thermische Sicherheit der Maschine zukommt, wurde bei der neuen Reihe von der bisher allgemein üblichen Isolierstoffklasse A auf hochwertige Lackdrähte der Isolierstoffklasse E übergegangen. Außerdem ist die Isolation als Tropenisolation ausgeführt. Alle korrosionsanfälligen Metallteile sind mit einem Schutzlack versehen; die Klemmenbretter bestehen aus Preßstoff, der gegen Feuchtigkeit und Schimmelbefall unempfindlich ist; die Messingteile sind gegen Spannungskorrosion beständig. Damit ist der Einsatz der Gleichstrommaschinen nahezu bei jedem Klima und in jeder Betriebsatmosphäre möglich. Auch gegen besondere Beanspruchungen der Wicklungsisolation, die z. B. beim unmittelbaren Einwirken von Öl und leitenden Niederschlägen, bei Gefährdung durch Termitenfraß oder beim Auftreten von Rüttelkräften entstehen, kann die Isolation durch Sonderausführung nach den bisherigen Erfahrungen ausreichend geschützt werden.

Auch bei der konstruktiven und mechanischen Ausführung sind alle neuen Erfahrungen berücksichtigt worden. Für die Achshöhen und Fußabmessungen wurden die gleichen Maße gewählt, die für Drehstrommotoren nach DIN 42673 gelten. Die Wellenenden sind entsprechend den Leistungen nach DIN 42946 zugeordnet. Rein äußerlich gibt die glatte zylindrische Bauweise den Maschinen ein gefälliges, neuzeitliches Aussehen (s. Bild).

Die heutige Antriebstechnik verlangt eine immer engere Verbindung zwischen Motor und Arbeitsmaschine. Dar-

um stehen die Maschinen in allen gebräuchlichen Fuß- und Flanschbauformen zur Verfügung, so daß sie baulich leicht auf die Arbeitsmaschine oder auf die Platzverhältnisse am Aufstellungsort abgestimmt werden können. Gewisse Änderungen zur Verbesserung der äußeren Anpassung lassen sich auch noch nachträglich durchführen. So läßt sich der Klemmenkasten um 90° und 180° drehen oder auch auf die andere Maschinenseite versetzen. Auch die Ausführung der Maschinen ohne Kondenswasserlöcher sowie die Verwendung von Lagern, die bei Schräglagen bis zur Senkrechten das Läufergewicht einschließlich einer Kupplungshälfte aufnehmen können, erleichtern den nachträglichen Gebrauch einer Fuß- oder Flanschbauform in einer ihrer möglichen Abarten.

Der Belüftung der Maschinen wurde besondere Beachtung geschenkt. Die reichliche Bemessung der Luftein- und -austrittsöffnungen, gute Luftführung im Innern der Maschine und ein für beide Drehrichtungen geeigneter Lüfter bewirken gute Luftkühlung. Die Lagerschilde können gedreht und damit die Luftzu- und -ableitung den Bedingungen am Einsatzort angepaßt werden.

Die Maschinen sind spritzwassergeschützt gemäß der Schutzart P 22 nach DIN 40050 und entsprechen damit der höchsten Schutzart für geschützte Maschinen. Sie sind zugleich geschützt gegen das Eindringen mittelgroßer, fester Fremdkörper. Für die Klemmenkästen wurde die höchste für Abdeckungen der Anschlußklemmen elektrischer Maschinen mögliche Schutzart P 44 gewählt. Sie bieten damit Schutz gegen schädliche Staubablagerungen im Innern und gegen Strahlwasser.

Zusätzlich erhalten die Lager nach außen eine Abdichtung gegen Staub und Wasser durch selbstschmierende Dichtringe. Die Wälzlager sind geräusch- und schwingungsarm. Zur Erhöhung der Laufruhe erhalten sie eine axiale Vorspannung durch eine beigelegte Federscheibe. Die Lager sind für Dauerschmierung ausgeführt, d. h., die Fettfüllung reicht für einen mehrjährigen normalen Betrieb, bevor sie erneuert werden muß. Alle Stellen an der Maschine, die betriebsmäßig erreichbar sein müssen, also Bürsten und Bürstenhalter im Kommutatorraum, die Anschlußklemmen im Klemmenkasten sowie (zur Drehzahlmessung) das Wellende auf der B-Seite sind gut zugänglich.

Die Maschinen stehen als Nebenschluß-, Reihenschluß- oder Doppelschluß-Motoren und als fremderregte Generatoren zur Verfügung. Sie werden darüber hinaus in allen Arten, in denen sie als Motoren oder Generatoren gebraucht werden, ausgeführt, so auch als geschlossene Motoren ohne Oberflächenbelüftung in der höchsten Schutzart für elektrische Maschinen P 33. Diese geschlossenen Motoren zeichnen sich durch ihr faserschlüpfiges Äußeres aus und ermöglichen die Drehzahlsteuerung durch Änderung der Ankerspannung über weiteste Bereiche bei konstantem Moment im Dauerbetrieb ohne zusätzliche Leistungsminderung.

Ölarmer Expansionsschalter der Reihe 10 mit höherer Ausschaltleistung

VON JÜRGEN HOMP

In Anlehnung an die Empfehlungen der IEC (International Electrical Commission) sind im DIN-Blatt 43612 die Nennspannungen, Nennausschaltleistungen und Nennströme für Leistungsschalter genormt worden. Aufgrund dieser Werte ist ein ölarmer Expansionsschalter für 6 kV, 250 MVA und für Nennströme von 630 und 1250 A entwickelt worden.

Die technischen Daten des neuen Schalters sind:

Reihenspannung	10 kV	10 kV
Nennspannung	6 kV	6 kV
Nennstrom	630 A	1250 A
Nennausschaltleistung	250 MVA	250 MVA
Nennausschaltstrom (symmetrisch)	24 kA	24 kA
Nenneinschaltstrom	68 kA	68 kA
Nennstoßstrom (Scheitelwert)	75 kA	75 kA
Nennkurzzeitstrom (Effektivwert)		
während 1 s	30 kA	30 kA
während 4 s	15 kA	25 kA

Die Abstände der spannungsführenden Teile benachbarter Pole sowie die Abstände zur Erde sind so bemessen, daß die Werte für die Nenn-Stehstoßspannung der neuen VDE-Vorschrift 0111/2.61 § 16 entsprechen.

Das in mehr als 100000 Leistungsschaltern bewährte Lösungsverfahren veranlaßte die Siemens-Schuckertwerke, auch bei diesem Schalter das Expansionsprinzip anzuwenden.

In dem Schaltgefäß aus Gießharz arbeitet die elastische Löschkammer in bekannter Weise. Mit Hilfe eingegossener Befestigungsbolzen werden die Schaltsäulen an die Rückseite des Antriebskastens angeschraubt. Die einzelnen Säulen können leicht abgenommen werden, wodurch vor allem die Wartung des Schalters vereinfacht wird. Der weitere Vorteil der neuen Bauform liegt in der geringen Gesamthöhe des Schalters. Mit einer Höhe von 740 mm ist er gegenüber der älteren Ausführung um 50 mm niedriger, obwohl die Nennausschaltleistung um 25% erhöht wurde. Die Breite beträgt 660 mm, die Tiefe 550 mm und der Polmittenabstand 210 mm.

Der Gießharzkörper ist mit Rippen versehen, die den Kriechweg vergrößern. Damit ist die Spannungssicher-



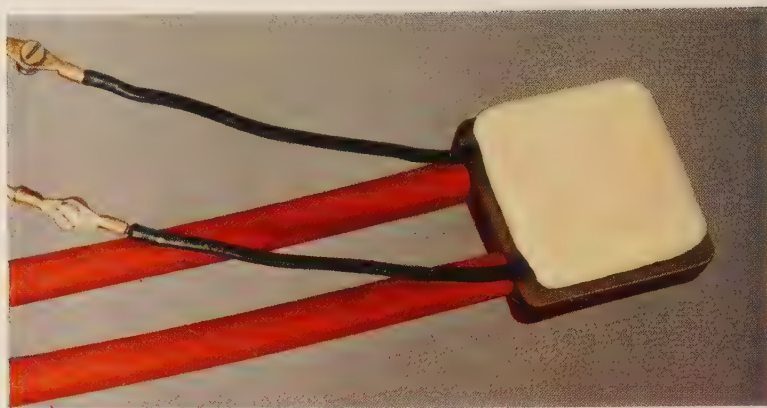
Ölarmer Expansionsschalter H 512 der Reihe 10, Nennspannung 6 kV, Nennstrom 630 A, Nennausschaltleistung 250 MVA

heit besonders bei starker Verschmutzung und Betauung wesentlich erhöht worden. Wegen der guten Formbarkeit des Gießharzes konnte man Konstruktionen erreichen, bei denen die besonderen Vorteile gegenüber Porzellan voll zur Wirkung kommen. Infolge der hohen Schlagzähigkeit erhält der Schalter eine große mechanische Festigkeit, so daß jede Bruchgefahr ausscheidet. Das Gießharz ist außerdem so lichtbogenfest, daß auch bei Überschlügen die Beschädigung der Schaltgefäße vermieden wird.

In Eigenbedarfsanlagen von Kraftwerken werden z. B. an der Einspeisestelle Leistungsschalter mit hohem Nennstrom benötigt. Aus diesem Grund wurde die Baureihe um einen Schalter für 1250 A erweitert, der jedoch dauernd mit 1600 A belastet werden kann. Die hinter der Schaltsäule angeordnete Parallelkammer aus Gießharz führt im eingeschalteten Zustand zwei Drittel des Betriebsstromes. Beim Ausschalten öffnet zunächst die Schaltstrecke der Parallelkammer lichtbogenfrei, so daß kurzfristig während des Löschvorganges der gesamte Strom über die Leistungskammer fließt.

Der kraftschlüssige Antrieb kann mit einem einsteckbaren Handhebel betätigt werden. Für größere Anlagen, die zentral von einer Warte aus betätigt und gesteuert werden, ist der Druckluftantrieb zu empfehlen. Als dritte Möglichkeit steht ein neu entwickelter Motorantrieb zur Verfügung.

Bild 1 Kühlelement mit Eisschicht



Neuartige Halbleiter-Kühlelemente

VON WALTER HÄNLEIN

Die Entwicklung thermoelektrischer Halbleiter hat heute einen Stand erreicht, der es ermöglicht, die thermoelektrische Kühlung für bestimmte Zwecke technisch anzuwenden (vgl. Bild 1).

Die thermoelektrische Kühlung beruht auf der Anwendung des Peltiereffekts, der seit dem Jahre 1834 bekannt ist. Er ist die Umkehrung des 1822 entdeckten Seebeckeffekts. Ein Peltierelement (Bild 2) besteht aus einem p-leitenden und einem n-leitenden Schenkel (1), die mit den Brücken (2) verlötet sind.

Für die Kälteleistung Q_k , die erforderliche elektrische Leistung W und die Leistungsziffer ε ergeben sich folgende Gleichungen:

$$Q_k = 2 \alpha T_k I - \frac{l}{\sigma s} I^2 - 2 \kappa \frac{s}{l} (T_w - T_k)$$

$$W = \frac{2 l}{\sigma s} I^2 + 2 \alpha (T_w - T_k) I$$

$$\varepsilon = \frac{Q_k}{W} = \frac{2 \alpha T_k I - \frac{l}{\sigma s} I^2 - 2 \kappa \frac{s}{l} (T_w - T_k)}{\frac{2 l}{\sigma s} I^2 + 2 \alpha (T_w - T_k) I}$$

Hierin bedeuten:

- α Thermokraft in V/grd
- κ Wärmeleitfähigkeit in W/grd cm
- σ Elektrische Leitfähigkeit in $\Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$
- l Länge der Schenkel in cm
- s Querschnitt der Schenkel in cm^2
- T_k Temperatur der kalten Kontaktstellen in $^\circ\text{K}$
- T_w Temperatur der warmen Kontaktstellen in $^\circ\text{K}$
- I Stromstärke in A
- Q_k Kälteleistung in W
- W Elektrische Leistung in W
- ε Kälteleistungsziffer

Aus diesen Gleichungen ergeben sich die an das Halbleitermaterial zu stellenden Forderungen:

1. möglichst hohe Thermospannung
2. möglichst gute elektrische Leitfähigkeit
3. möglichst kleine Wärmeleitfähigkeit

Die Leistungsfähigkeit eines Peltier-Halbleitermaterials ist gekennzeichnet durch die sogenannte Effektivität $z = \alpha^2 \frac{\sigma}{\kappa}$ in $^\circ\text{K}^{-1}$, die die genannten Forderungen wiedergibt.

Die maximale Temperaturdifferenz $\Delta T_{\max} = T_k^2 \frac{z}{2}$ bei einer Leistungsziffer 0, d. h., die maximale Temperaturdifferenz ist stark abhängig von der Temperatur, die man an der kalten Lötstelle erzielen will.

Als Werkstoffe für thermoelektrische Halbleiter werden heute in der Hauptsache Telluride, und zwar Wismutantimonellurid und Wismutselentellurid benutzt. Mit diesen Werkstoffen werden Effektivitäten von $z = 3 \cdot 10^{-3}$ bis $3,5 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ\text{K}^{-1}$ erreicht. Die Halbleiter können entweder nach dem Schmelzverfahren hergestellt werden, wobei man durch besondere Maßnahmen möglichst große Kristalle erzeugt, oder nach einem pulvermetallurgischen Verfahren durch Pressen und Sintern. Für den Zusammenbau zu Thermoelementen muß man die Halbleiter mit Kupferbrücken verlöten. Die Kontakte müssen eine möglichst gute elektrische Leitfähigkeit haben, weil durch einen zu hohen Kontaktwiderstand an den Kontaktstellen Wärme entsteht, die der Kälteerzeugung verlorenght. Ferner müssen die Kontakt-

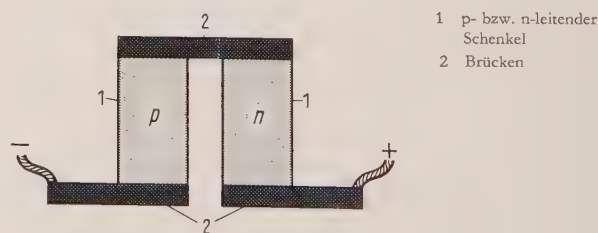


Bild 2 Aufbau eines Thermoelements

stellen eine ausreichende mechanische Festigkeit haben. Die Kontakte können nach verschiedenen Verfahren hergestellt werden – z. B. durch Löten, Sintern oder Galvanisieren.

Zum Aufbau eines Kühlaggregats wird eine größere Anzahl von Elementen mäanderförmig in Reihe geschaltet (Bild 3). Fließt durch ein solches Aggregat Strom, so kühlen sich die Kupferbrücken auf der einen Seite ab, während sie sich auf der anderen Seite erwärmen. Bild 1 zeigt ein nach diesem Prinzip gebautes Kühlaggregat in Betrieb. Es hat auf der Rückseite einen angegossenen Kunststoffkasten, der mit Wasser gekühlt werden kann. Auf der kalten Seite bildet sich eine Eisschicht. Die an der heißen Lötstelle entstandene Wärme kann anstelle eines Flüssigkeitswärmeaustauschers auch mit Hilfe eines Rippenkühlers abgeführt werden.

Bild 4 zeigt die Abhängigkeit der Temperatur der kalten Seite von der Stromstärke an einem Kühlblock des Typs 02 bei Kühlung mit Leitungswasser. T_w ist hierbei die Temperatur des Kühlwassers auf der warmen Seite, T_k ist die an der kalten Seite erreichte Temperatur. Es ist möglich, bei der Kälteleistung 0 eine tiefste Temperatur von -25°C zu erreichen.

Die Kleinheit der Halbleiter-Kühlaggregate ermöglicht einen technischen Einsatz überall dort, wo ein Kompressor in der Kälteleistung zu groß ist und räumlich nicht untergebracht werden kann. Die z. Z. hergestellten Kühlplatten ermöglichen – je nach der geforderten Temperaturdifferenz zwischen heißer und kalter Lötstelle – Kälteleistungen bis maximal 10 W.

In der Elektrotechnik ist z. B. das Kühlen von Leistungstransistoren möglich, wobei die warme Seite der Kühlplatte mit dem Gehäuse oder mit einem Rippenkühler verbunden wird, wogegen der Transistor unmittelbar auf der kalten Seite der Kühlplatte befestigt wird. Bei thermostatischen Regelungen benötigt man oft eine konstante Temperatur für Dioden und andere Bauelemente. Ein derartiger Kleinthermostat ist ebenfalls mit Hilfe von Kühlplatten herstellbar, wobei die zu kühlenden Bauelemente in die Bohrungen eines auf den Kühlblock aufgeschraubten Metallblocks eingebracht werden, wogegen die an den warmen Lötstellen entstehende Wärme durch einen Rippenkühler abgeführt wird.

Für medizinische Zwecke ist es häufig erforderlich, Objektträger zu kühlen. Diese Aufgabe läßt sich mit einem wassergekühlten Halbleiter-Kühlelement verwirklichen (Bild 5). Ferner ist es möglich, Kühlgefäße für Plasma, Gewebe und Brutkammern herzustellen.

Dasselbe Gerät, das als Mikroskoptisch verwendet wird, läßt sich auch zum Aufbau eines Taupunkthygrometers verwenden.

Wie die erwähnten Beispiele zeigen, lassen sich mit Halbleiterkühlelementen manche Aufgaben lösen, die bisher technisch schwierig oder gar nicht durchführbar waren.

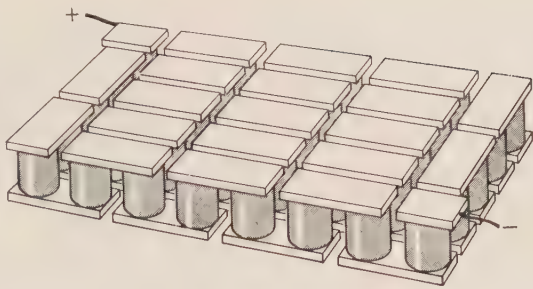


Bild 3 Schematischer Aufbau einer Kühlplatte

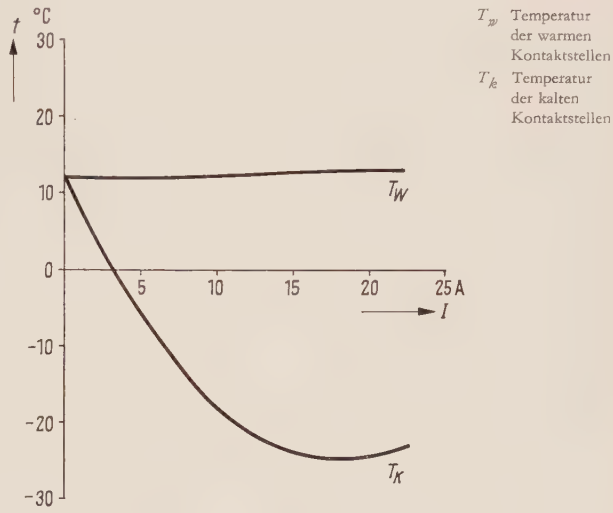


Bild 4 Temperaturkennlinie des Kühlelements 02

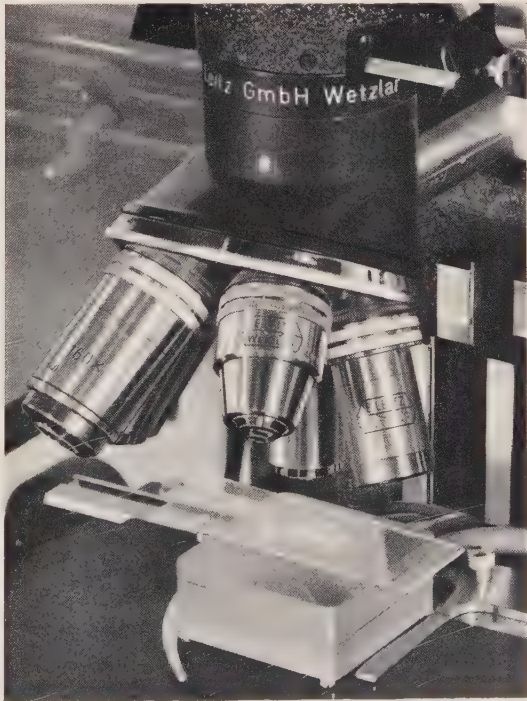


Bild 5 Halbleiterkühlelement als Objektträger

Bild 1 Elektrosatz für Einphasen-Wechselstrom 12 kVA, 220 V, 50 Hz, 3000 U/min, mit luftgekühltem Zweitakt-Benzinmotor. Der Elektrosatz ist in einen Anhänger eingebaut

Elektrosätze zur Stromversorgung von Röntengeräten

VON GÜNTHER JÄGER



In den letzten Jahren wurden viele fahrbare bzw. transportable Röntengeräte für Schirmbild-Reihenuntersuchungen entwickelt, die besonders für überseeische und entwicklungsfähige Länder gedacht sind. Um vom öffentlichen Netz unabhängig zu sein, kann man zur Stromversorgung die serienmäßigen Siemens-Elektrosätze verwenden. Bild 1 zeigt einen Elektrosatz, der zum Transport auf einen Anhänger gestellt wurde.

Die von Röntgenstrahlen auf einer fotografischen Schicht verursachte Schwärzung ist um so intensiver, je stärker der Röhrenstrom, je länger die Belichtungszeit und je höher die Röhrenspannung sind. Der Röhrenstrom I (in mA) und die Belichtungszeit t (in s) und somit auch deren Produkt $I t$ (in mA s) beeinflussen die Schwärzung der fotografischen Schicht linear. Die Röhrenspannung U (in kV) jedoch geht wesentlich stärker in die Schwärzung ein, und zwar ungefähr mit der 5. Potenz. Schon eine kleine Änderung der zum Betrieb benötigten Spannung kann also das Röntgenbild unbrauchbar machen.

Jedes zu durchleuchtende Organ erfordert wegen der verschiedenartigen Dicken verschiedene Größen der genannten Werte zur richtigen Belichtung der fotografischen Schicht. Je größer die Entfernung zwischen dem Röntgenbrennfleck und dem Objekt aus medizinischen Gründen gewählt werden muß, um so größer müssen auch die Röhrenspannung und das Produkt mAs eingestellt werden.

Es ist deshalb unerlässlich, daß vor jeder Aufnahme das richtige Produkt mAs und die richtige Röhrenspannung eingestellt werden, die ebenso wie der Röhrenstrom über die ganze Belichtungsdauer konstant bleiben müssen. Diese Werte werden in Form einer Belichtungs- und mAs-Tafel vom Hersteller bekanntgegeben. Um einen medizinischen

Vergleich vornehmen zu können, müssen die einmal eingestellten Werte immer in genau gleicher Größe von der Röntgenröhre wiedergegeben werden.

Die Belichtungszeiten für Röntgenaufnahmen sind kurz, sie betragen zwischen einigen Millisekunden und einigen Sekunden. In dieser Zeit wird die volle Leistung des Röntengerätes benötigt, der Elektrosatz ist also einer Stoßbelastung ausgesetzt. Erschwerend ist dabei, daß der elektrische Leistungsfaktor der verschiedenen Röntengeräte zwischen 0,5 und 0,9 liegt.

Die serienmäßigen Siemens-Elektrosätze sind mit Konstantspannungs-Synchrongeneratoren und mit handelsüblichen Verbrennungskraftmaschinen ausgerüstet. Die Generatoren arbeiten nach dem Harzschens Verfahren. Ein Dreiwicklungs-Stromtransformator bewirkt über eine Luftspaltdrossel und einen Kondensator ein sicheres Einsetzen der Selbsterregung; er liefert auch den Leerlauf-erregungsstrom des Generators sowie – über eine vom Laststrom durchflossene Kompoundierungswicklung – den benötigten Lasterregungsstrom. Das Zusammenwirken von Drossel- und Kompoundierungswicklung des Transformators ergibt eine konstante Generatorspannung, die vom elektrischen Leistungsfaktor weitgehend unabhängig ist (Bild 2).

Wegen der Überdimensionierung des Eisenquerschnitts des Stromtransformators bleibt die Induktion weit unter der Sättigung. Dadurch ist – besonders bei kurzzeitiger Stoßbelastung mit schlechtem Leistungsfaktor, wie sie besonders bei Röntengeräten vorliegt – eine genügend große Reserve des Erregungsstromes vorhanden, um die Spannung ausregeln zu können. Schon nach wenigen Perioden geht sie auf ihren Nennwert zurück. Die Schnelligkeit der Ausregelung ergibt sich auch dadurch, daß

mit dem Einschalten des Laststromes dem Generator sofort der erhöhte Erregerstrom zugeführt wird.

Auch die Entwicklung der Drehzahlregler der Antriebsmotoren ist heute sehr weit fortgeschritten. Schon in sehr kurzer Zeit nach einem Laststoß wird die Treibstoffzufuhr des Motors verstärkt und die Drehzahl ausgeregelt.

Eingangs wurde erwähnt, daß Spannung und Frequenz des Elektrosatzes für eine Röntgenaufnahme konstant bleiben müssen; dies gilt also nur für die Zeit der Belastung; zwischen Leerlauf und Belastung des Elektrosatzes kann dagegen ohne weiteres eine Spannungs- und Frequenzabsenkung von einigen Prozent in Kauf genommen werden. Die Röntgengeräte müssen aber vor der Inbetriebnahme mit dem betreffenden Elektrosatz auf diese Absenkung abgestimmt werden. Immer kommt es jedoch darauf an, daß das Produkt mAs für jede Belichtungsdauer eingestellt werden kann.

Bei Röntgengeräten mit kleiner Leistung müssen, um gleiche Filmschwärzung zu erhalten, die Belichtungszeiten größer sein als bei größeren Geräten. Bild 3 zeigt die Spannung und Frequenz eines Elektrosatzes sowie den Röhrenstrom, abhängig von der Belichtungszeit mit einem handelsüblichen Drehzahlregler des Antriebsmotors.

Die anfangs geringe Absenkung der Spannung, der Frequenz und des Röhrenstromes nach dem Einschalten wirkt sich bei einer langen Belichtungszeit nicht wesentlich aus, so daß Spannung und Frequenz als konstant angenommen werden können. Müssen jedoch während dieser Absenkung Aufnahmen z. B. von beweglichen Organen in sehr kurzen Zeiten gemacht werden, so genügen nicht mehr die handelsüblichen Drehzahlregler. Wie Bild 3 zeigt, ist in dieser kurzen Belichtungszeit der Röhrenstrom (in mA) nicht konstant. Die Treibstoffzufuhr für den Antriebsmotor muß hier auf elektromagnetischem Weg mit Hilfe eines Hubmagneten gesteuert werden. Sie ist so eingestellt, daß sich bei nicht-erregtem Hubmagnet die Leerlaufspannung und -frequenz und bei erregtem Hubmagnet in nahezu gleicher Höhe die Belastungsspannung und -frequenz einstellen. Der Hubmagnet wird um einige Zehntelsekunden vor der Röntgenaufnahme eingeschaltet. Dadurch wird vor der Stoßbelastung nicht nur die Zeitkonstante des Antriebsmotors zum Ausregeln der Drehzahl überwunden, sondern die Drehzahl und somit die Spannung werden etwas erhöht. Die Spannung und Frequenz, die dann vom Elektrosatz während der Stoßbelastung abgegeben werden, sind schon nach ungefähr einer halben Periode konstant. Bild 4 zeigt Spannung und Frequenz des Elektrosatzes sowie den Röhrenstrom, abhängig von der Belichtungszeit mit elektromagnetischer Steuerung der Drehzahl des Antriebsmotors. Bild 5 zeigt ein Oszillogramm des Röntgenstromes von 30 mA während einer Belichtungszeit von 0,07 s und einer Röhrenspannung von 125 kV eines handelsüblichen fahrbaren bzw. trans-

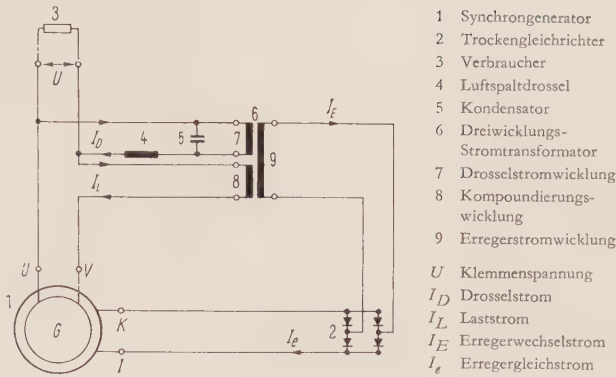


Bild 2 Grundschialtung eines Einphasen-Konstantspannungs-Synchrongenerators

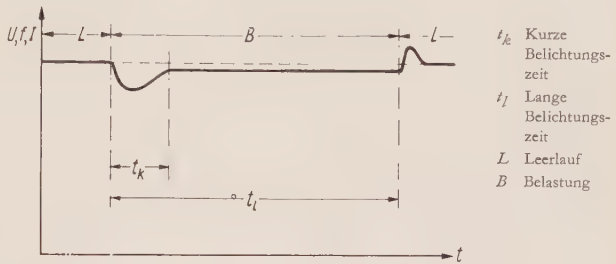


Bild 3 Spannung U und Frequenz f des Elektrosatzes sowie Röhrenstrom I , abhängig von der Belichtungszeit t mit handelsüblichem Drehzahlregler des Antriebsmotors

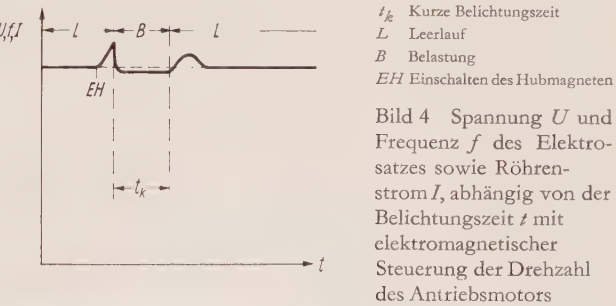
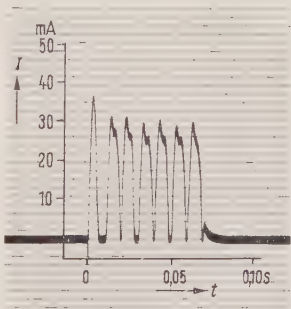


Bild 4 Spannung U und Frequenz f des Elektrosatzes sowie Röhrenstrom I , abhängig von der Belichtungszeit t mit elektromagnetischer Steuerung der Drehzahl des Antriebsmotors



Röhrenstrom 30 mA,
Belichtungszeit 0,07 s,
Röhrenspannung 125 kV

Bild 5 Oszillogramm des Röntgenstromes eines fahrbaren Röntgengerätes

portablen Röntgengerätes. Aus dem Oszillogramm ist deutlich zu erkennen, daß schon nach einer halben Periode der Röhrenstrom über die ganze Belichtungszeit konstant bleibt. Auch bei kurzen Belichtungszeiten ist also die Konstanz des Röhrenstromes gewährleistet.

Leiterbruchwächter RM 80 zum Schutz von Drehstrommotoren gegen Einphasenlauf

VON HANS AMBERGER

Wird ein Drehstrommotor durch Unterbrechung eines Leiters einphasig weiterbetrieben, so entstehen sowohl im Ständer als auch im Läufer zusätzliche Stromwärmeverluste, die zur thermischen Beschädigung des Motors führen können. Die Belastbarkeit von Motoren ist durch die höchstzulässige Dauertemperatur begrenzt, die für die verschiedenen Isolierstoffe in den VDE-Regeln 0530/7.35 festgelegt ist. Die Wärmeentwicklung wird hauptsächlich durch die Stromwärmeverluste $P_v = I^2 R$ im Ständer und Läufer bestimmt. Der dreiphasige Motorstrom kann daher als Maß für die Beurteilung der Motortemperatur herangezogen werden. Dementsprechend werden als Überlastrelais zum Messen von $I^2 t$ überwiegend Bimetallrelais verwendet. Entsprechend den VDE-Regeln 0660/12.52 soll der thermische Überstromauslöser im betriebswarmen Zustand bei 20 °C Umgebungstemperatur und einer Überschreitung des Stromes um mehr als 20% innerhalb von zwei Stunden auslösen. Bei zweipoliger Belastung kann sich der Ansprechstrom des thermischen Auslösers noch um 10% des eingestellten Wertes erhöhen.

Tritt während des Betriebes eines Drehstrommotors eine Unterbrechung eines Leiters ein, so wird der Motor nur noch von einem Einphasenstrom gespeist. Der Motor erzeugt trotzdem in sich selbst ein Drehfeld und läuft weiter. Verlangt die angetriebene Maschine nach wie vor dasselbe Antriebsmoment, so muß zwangsweise die Stromaufnahme steigen, bis das Gleichgewicht von Energiebedarf und Energiebezug wieder hergestellt ist. Dadurch nimmt die Stromstärke in den Zuleitungen gegenüber dem Drehstrombetrieb zu. Bild 2 zeigt den Stromanstieg bei Einphasenlauf, bezogen auf Motor-nennstrom, zwischen Leerlauf und Vollast für einen 24-kW-Motor.

Auch im Läufer entstehen zusätzliche Stromwärmeverluste. Während bei Drehstrombetrieb im Läufer ein Strom mit der Schlupffrequenz $f_2 = s f_1$ fließt, überlagert sich diesem bei Einphasenlauf ein Strom mit annähernd doppelter Netzfrequenz f_2' (s. Bild 3). Dadurch erhöhen sich die Läuferverluste. Die Folge davon ist eine starke Erwärmung des Läufers.

Ein $I^2 t$ messendes Relais, das auf jeden Fall mit einer ausreichenden Sicherheit auf einen Wert oberhalb des

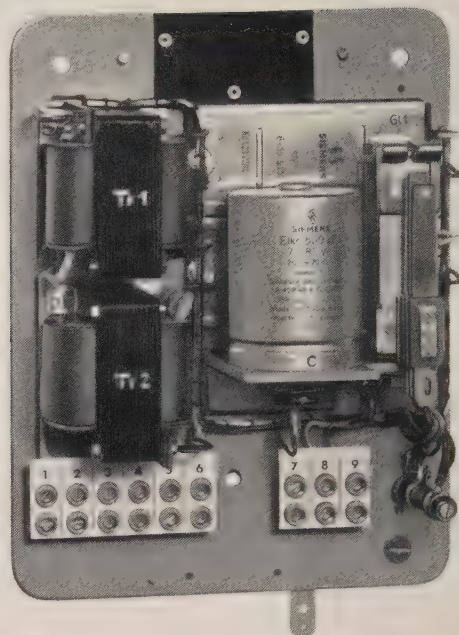


Bild 1 Leiterbruchwächter RM 80 (Haube abgenommen)

Nennstrombereiches eingestellt sein muß, bietet nur dann einen gewissen Schutz auch gegen Leiterbruch, wenn der vom Motor aufgenommene Strom wesentlich über Nennstrom liegt, d.h., wenn der Motor annähernd voll belastet war. Bei Teillast dagegen steigt der Motorstrom bei einer Leiterunterbrechung oft nicht wesentlich über den Nennstrom hinaus an. Sind die Motorwicklungen im Dreieck geschaltet, so kommt als ungünstiges Moment noch hinzu, daß bei Leiterunterbrechung der Strom der Wicklung, die unmittelbar zwischen den nicht unterbrochenen Leitern liegt, auch z.B. bei gleichbleibendem Strom in den Zuleitungen um etwa 15% gegenüber Dreiphasenbetrieb steigt. Die zusätzlichen

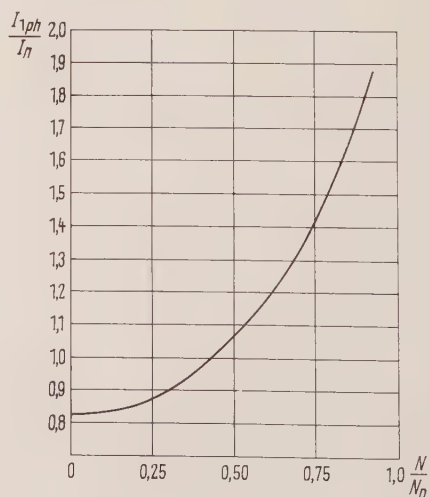


Bild 2 Stromanstieg bei Einphasenlauf, bezogen auf den Nennstrom, zwischen Leerlauf und Vollast für einen 24-kW-Motor

Verluste führen trotz der Teillast zur Übererwärmung und damit zur Gefährdung des Motors.

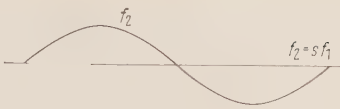
Ein geeignetes Schutzgerät darf nur bei Leiterunterbrechung unabhängig vom Belastungszustand des Motors ansprechen. Netzstörungen dürfen nicht zu Fehlschaltungen führen. So liefern z. B. bei Netzkurzschlüssen die an dem betreffenden Netz liegenden Motoren einen kurzzeitigen Rückstrom, der ein Mehrfaches des Nennstromes betragen kann. War der Netzkurzschluß zweipolig, so ist auch der vom Motor gelieferte Rückstrom zweipolig; er darf keinesfalls zur Auslösung führen. Auch beim Zuschalten der Motoren kann ein sehr hoher zweipoliger Stoßstrom entstehen, der ebenfalls nicht zum Auslösen durch einen Leiterbruchwächter führen darf. Bei Sekundärrelais, die über Stromwandler angeschlossen sind, können besonders bei Stromstößen mit Gleichstromglied infolge Sättigungserscheinungen der Stromwandler Falschströme vorgetäuscht werden. Auch diese dürfen nicht zum Auslösen des Leiterbruchwächters führen. Der Leiterbruchwächter RM 80 (s. Bild 1) erfüllt diese Forderungen.

Das Meßverfahren beruht auf dem Vergleich der drei Leiterströme und deren vektorieller Lage zueinander. Zwei Wandler $W1$ und $W2$ liefern den Strom für eine Brückenschaltung (Bild 4). $W2$ ist so ausgelegt, daß die geometrische Differenz der zugeführten Ströme I_S und I_T sekundär den gleichen Strom liefert wie der Wandler $W1$ im Leiter R . Durch die Mischung in $W2$ sind jedoch die Sekundärströme um 90° verschoben (Bild 5a). Beide Ströme werden von $G/1$ und $G/2$ gleichgerichtet und der Brücke zugeführt. Die Gleichrichter arbeiten im Kurzschluß und werden dadurch auch bei höheren Strömen spannungsmäßig nicht gefährdet. Das Meßrelais liegt im Diagonalzweig der Brückenschaltung. Im normalen Betrieb – alle Primärströme sind gleich groß und um 120° gegeneinander verschoben – bildet sich am Relais eine dreieckähnliche Wechselspannung mit doppelter Netzfrequenz aus (Bild 5b).

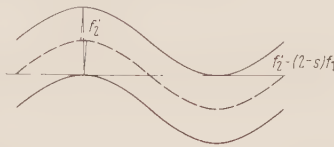
Der hohe Wechselstromwiderstand der Relaispule begrenzt den Relaisstrom im normalen Betrieb auf einen Wert, der weit unter dem Ansprechstrom liegt.

Bei Störungen, d. h. im Einphasenbetrieb, fließt in den beiden gesunden Leitern nur noch ein Einphasenstrom. Das Relais wird durch den dann pulsierenden Gleichstrom erregt. Aufgrund des Windungsverhältnisses der Wandler $W1$ und $W2$ und infolge der Stromrichtung in der Brücke bei Ausfall von R , S oder T ergeben sich zwar verschiedene Ansprechwerte, jedoch ist die Messung trotzdem noch so empfindlich, daß 30% des Geräteenennstromes ausreichen, um den Leiterbruchwächter bei Einphasenlauf zum Ansprechen zu bringen.

Der kleinstmögliche Motorstrom stellt sich bei Leerlauf ein und beträgt je nach Maschinenart 30 bis 80% des Nennstromes. Hinzu kommt noch die gesteigerte Stromaufnahme bei Einphasenlauf, wodurch sich die Bedin-



Schlupffrequenz im Läufer bei Drehstrombetrieb; $f_2' = s f_1$



Überlagerte Frequenz im Läufer bei Einphasenlauf; $f_2' = (2 - s) f_1$

Bild 3 Frequenzverlauf im Läufer bei Drehstrombetrieb und Einphasenbetrieb

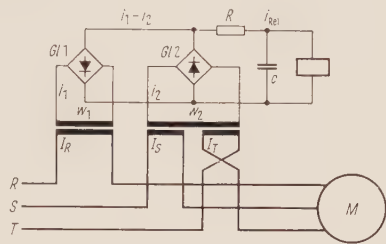


Bild 4 Schaltung des Leiterbruchwächters RM 80

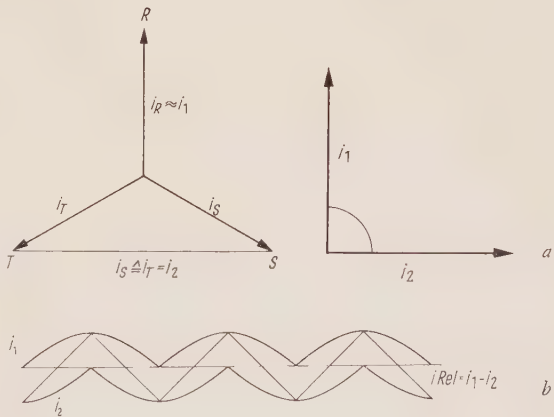


Bild 5 Richtung der Ströme (a) in den Zwischenwandlern $W1$ und $W2$ und Diagramm der Brückenspannung bei Drehstrombetrieb (b)

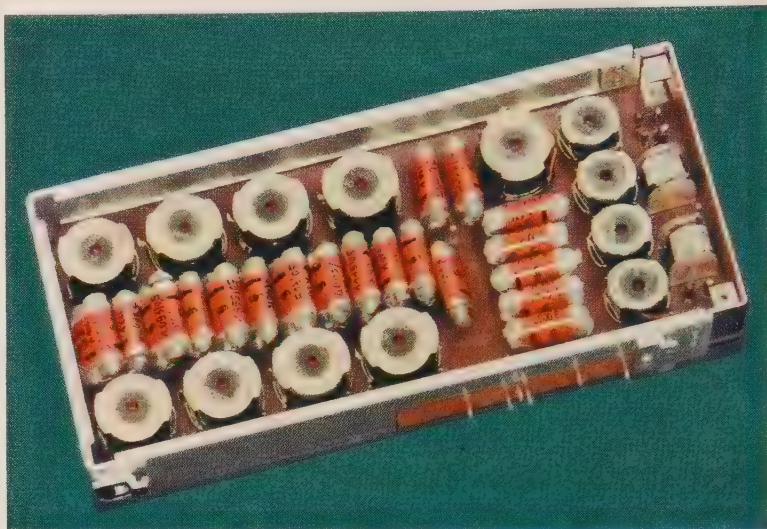
gungen für das Relais bei kleinem Leerlaufstrom noch verbessern.

Ein RC-Glied bewirkt eine Ansprechverzögerung (1 bis 3 s); dadurch werden Fehlabschaltungen vermieden.

Das Ausgangsrelais hat einen Umschaltkontakt aus Metall mit einer Schaltleistung von 1000 W bzw. 1000 VA für den Arbeitskontakt und 30 W bzw. 1000 VA für den Ruhekontakt.

Als Relais für direkten Anschluß sind Ausführungen für 5, 10, 20, 30 oder 50 A möglich. Als Sekundärrelais für den Anschluß an Stromwandler wird es für 5 oder 1A geliefert.

Bild 1 STYROFLEX-Zwillingskondensatoren und SIFERRIT-Schalenkerne in einer Flachbaugruppe der Weitverkehrstechnik



Elektrische Bauelemente für erhöhte Anforderungen

VON OTTO WIEGAND

Die zunehmende Verwendung elektrischer Geräte und Einrichtungen auf allen Gebieten des täglichen Lebens hat zu einem außerordentlichen Bedarf an elektrischen Bauelementen geführt, die unter teilweise sehr unterschiedlichen Bedingungen eingesetzt werden. Dies gilt vor allem hinsichtlich der Dauer ihrer Beanspruchung, die sich unter normalen Verhältnissen auf eine Betriebszeit von 3000 bis 15000 Stunden erstrecken kann, häufig aber auch auf mehr als 100000 Stunden bei Forderung nach niedrigstem Ausfall. Diese verschiedenartigen Anforderungen an die Betriebszuverlässigkeit elektrischer Bauelemente, die in der Festlegung einer Brauchbarkeitsdauer unter Berücksichtigung eines bestimmten Ausfallprozentsatzes ihren Ausdruck findet, führte in der Weiterentwicklung zwangsläufig zu der Erkenntnis, daß es technisch und wirtschaftlich nicht vertretbar ist, bei derart unterschiedlichen Einsatzbedingungen alle Aufgaben mit Einheitsbauelementen erfüllen zu wollen. Es leuchtet ein, daß man beispielsweise für wichtige elektrische Bauelemente in Radaranlagen, von denen die Sicherheit des Flugverkehrs abhängt, oder von solchen in Nachrichten-Weitverkehrsanlagen (Bild 1), bei denen der Ausfall nur eines Teiles unter 100000 eine große Anzahl von Nachrichtenverbindungen unterbrechen kann, eine größere Betriebszuverlässigkeit wird fordern müssen, als es im allgemeinen für Bauelemente in Rundfunk- und Fernsehempfängern und ähnlichen, verhältnismäßig kurzlebigen Geräten der Fall sein wird. Gleiche Überlegungen gelten für den Einsatz in hochwertigen Anlagen der Regelungstechnik sowie in neuzeitlichen Datenverarbeitungsanlagen, wie beispielsweise dem Siemens-Digitalrechner »2002«, bei dem mehr als 100000 Bauelemente, die Speicherringkerne nicht eingerechnet, die Funktionsfähigkeit verbürgen.

Das Wernerwerk für Bauelemente hat dieser Entwicklung seit langem vorausschauend Rechnung getragen. Neben der ständigen Vervollkommnung der Bauelemente – Verbesserung ihrer elektrischen und mechani-

schen Eigenschaften sowie Verkleinerung der Abmessungen durch Wahl neuer Ausgangsstoffe und konstruktive Maßnahmen – begann man bereits 1953 eine Teilung in Bauformen für normale und für erhöhte Anforderungen durchzuführen. Außer einer großen Brauchbarkeitsdauer mit niedrigeren Ausfallsätzen wurden den Bauelementen für erhöhte Anforderungen, die nach einem früheren Sprachgebrauch auch als »kommerzielle« bezeichnet werden, in der Regel kleinere Toleranzen und Inkonanzen der elektrischen Werte sowie eine erhöhte Klimafestigkeit zugeordnet. Ermöglicht wurden diese Eigenschaften durch entsprechende Konstruktionen – häufig in dicht verlöteter Ausführung – durch eine besonders sorgfältige Auswahl und Überwachung der Materialien sowie durch verschärfte Zwischen- und Endkontrollen. Im Zusammenhang hiermit wurden auch die technischen Unterlagen – sowohl für die normalen Bauelemente als auch die für erhöhte Anforderungen – durch entsprechende Daten und grafische Darstellungen, besonders über die Temperatur- und Frequenzabhängigkeiten der elektrischen Werte, erweitert, um so dem Anwender die Möglichkeit zu geben, je nach den vorliegenden Betriebsbedingungen die zweckmäßigste Auswahl zu treffen.

Im folgenden wird eine Übersicht der wichtigsten Bauformen für erhöhte Anforderungen gegeben und auf Einzelheiten näher eingegangen.

Papier- und Metall-Papier-Kondensatoren

Kondensatoren dieser Ausführungsarten, die mit imprägniertem Papier als Dielektrikum und Metallfolien als Belag (Papier-Kondensatoren) oder mit einer auf das Papier aufgetragenen ausheilfähigen Metallisierung (MP-Kondensatoren) aufgebaut sind, werden auf allen Gebieten der Elektrotechnik für die unterschiedlichsten Zwecke benötigt. In der Nachrichtentechnik setzt man sie u. a. für Sieb- und Koppelschaltungen ein, in der Starkstromtechnik werden sie für die Blindstrom-Kompensation

und zum Anlassen und Betrieb von Motoren verwendet, ferner zur Funkenlöschung, zur Entstörung u. a. m. Begrenzt wird ihre Verwendung im wesentlichen durch die Höhe des frequenzabhängigen Verlustfaktors, der etwa in der Größenordnung von $6 \text{ bis } 10 \cdot 10^{-3}$, gemessen bei 800 Hz und $+20^\circ\text{C}$, liegt, sowie durch die Höhe der zeitlichen Inkonzanz der Kapazität. Für frequenzbestimmende Kreise kommen diese Kondensatoren daher im allgemeinen nicht in Betracht.

Für erhöhte elektrische Anforderungen steht dem Anwender eine Reihe dicht verlöteter Bauformen zur Verfügung, durch die eine praktische Inkonzanz der Kapazität von etwa $\pm 2 \text{ bis } \pm 3\%$ erreicht wird, ein Wert, der alle bleibenden Änderungen einschließt. Hinsichtlich der zulässigen Feuchtebeanspruchung genügen diese Bauformen der Klasse C nach DIN 40040, d. h. einer relativen Luftfeuchte von 100% als Höchstwert, die im Jahresmittel über 80% betragen darf.

Von wesentlicher Bedeutung für die Brauchbarkeitsdauer ist die Spannung, mit der der Kondensator betrieben wird. Neben der Kondensator-Nenngleichspannung, nach der der Kondensator bemessen und benannt ist, und der ihr zugeordneten effektiven Wechselspannung wird, da die Normen diesen Begriff nicht eindeutig festlegen, von Siemens & Halske seit Jahren in den meisten Unterlagen noch eine Spannung in Abhängigkeit von der Temperatur angegeben, die mit »Dauergrenzspannung« bezeichnet ist. Hierunter ist die höchstzulässige Spannung zu verstehen, bei der ein Kondensator dauernd, d. h. 24 Stunden am Tag, bei niedrigem Ausfallsatz betrieben werden darf. Abgesehen von dauernd eingeschalteten Geräten wird man diese Spannung auch bei Geräten mit unterbrochenem Betrieb zugrunde legen, wenn eine erhöhte Sicherheit gefordert wird.

Bauformen

Mit den nach DIN 41161 genormten SIKATROP*-Kondensatoren wurde schon sehr frühzeitig ein Papier-Kleinkondensator für erhöhte Anforderungen geschaffen. Bei dieser Bauform ist der Wickel in ein Porzellanröhrchen eingebaut, das an den Enden mit einer eingebrannten Metallisierung versehen ist. Den Abschluß bilden beidseitig aufgesetzte Metallkappen, die mit der Metallisierung dicht verlötet sind. Eine in der einen Kappe vorgesehene verlötbare Öffnung ermöglicht das nachträgliche Imprägnieren des Kondensators.

Dank dieses Aufbaues haben SIKATROP-Kondensatoren eine sehr kurze Baulänge und dadurch eine beachtenswert kleine Eigeninduktivität. Ihr Isolationswiderstand ist sehr hoch.

Diese Kondensatoren sind für Nennspannungen von $125 \text{ bis } 1000 \text{ V}_-$ (Betriebstemperaturbereich $-40 \text{ bis } +70^\circ\text{C}$) ausgelegt und umfassen Nennkapazitäten von 500 pF bis $0,25 \mu\text{F}$, darunter dämpfungsarme Ausführungen, die

besonders dann von Vorteil sind, wenn hohe Ströme über den Kondensator fließen, wie beispielsweise bei Kontaktbeschaltungen und Entstörungen.

Eine entsprechende MP-Ausführung liegt mit Nennkapazitäten von $0,05 \text{ bis } 1 \mu\text{F}$ und Nennspannungen von $200 \text{ bis } 600 \text{ V}_-$ vor. Der Betriebstemperaturbereich dieser Kondensatoren erstreckt sich von $-40 \text{ bis } +85^\circ\text{C}$.

Für den Einsatz bei sehr hohen Spannungen, z. B. in Gleichrichteranlagen, wurde eine SIKATROP-Bauform für Hochspannung entwickelt, bei der die Metallkappen für die Befestigung und den Anschluß des Kondensators mit Gewindezapfen versehen sind. Diese Hochspannungs-Kondensatoren werden für Nennspannungen von $1 \text{ bis } 16 \text{ kV}_-$ in Kapazitätswerten von 500 pF bis $1 \mu\text{F}$ geliefert, der Betriebstemperaturbereich erstreckt sich von $-40 \text{ bis } +70^\circ\text{C}$. In größeren Kapazitätswerten wird diese Bauform auch für normale Spannungsbereiche in Funk-Entstörgeräten verwendet (Bild 2).

Besonders für die Verwendung in Flachbaugruppen mit gedruckter Schaltung wurde ein Kleinkondensator in der sogenannten Kartuschenbauform (s. Bild 5) entwickelt. Bei diesem Kondensator besteht das Gehäuse, in das der imprägnierte Kondensatorwickel eingebaut ist, aus einem kleinen Metall-Rundbecher, der Kartusche. Abgeschlossen wird der Kondensator durch eine eingelötete Glasperle, durch die der eine Anschlußdraht isoliert hindurchgeführt ist, während der zweite im Kartuschenboden zentrisch eingelötet ist. Die Anschlüsse sind kon-

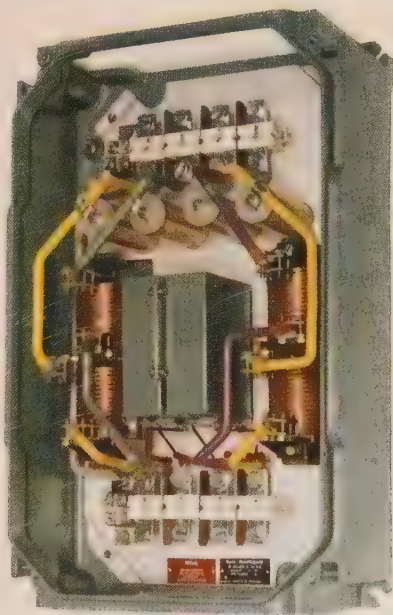


Bild 2 Funk-Entstörgerät für Aufzugsanlagen.
Im oberen Teil vier SIKATROP-Kondensatoren

* Eingetragenes Warenzeichen

taktsicher mit den Belägen verbunden, das Metallgehäuse ist durch einen Schrumpfschlauch bis 500 V_~ (Effektivwert) isoliert.

Diese Bauform wird sowohl in MP- als auch in Papierausführung geliefert. In der MP-Ausführung ist der Kondensator für Nennspannungen von 160 und 200 V_~ in Kapazitätswerten von 0,01 bis 0,25 μ F ausgelegt und kann je nach Ausführung bei Betriebstemperaturen von -40 bis +70 oder -55°C bis +100°C eingesetzt werden. Die Abmessungen betragen dabei beispielsweise für einen Kondensator für 200 V_~ mit einer Nennkapazität von 0,25 μ F 11 mm im Durchmesser und 29,5 mm in der Länge bei einem Gewicht von nur 7 g. Die Temperaturabhängigkeit der Kapazität (umkehrbare Kapazitätsänderung) sowie des Verlustfaktors für die 100°-Ausführung gehen aus Bild 3 hervor.

Die entsprechende Papieraufbauform, die wegen ihres besonders hohen Isolationswertes bevorzugt in Zeitkreisen eingesetzt wird, umfaßt Nennspannungen von 125 bis 500 V_~ mit Nennkapazitäten von 0,001 μ F bis 0,5 μ F. Diese Ausführungen sind auch mit eingegengten Toleranzen von ± 5 und $\pm 2\%$ lieferbar. Gegenüber der MP-Ausführung sind die Abmessungen entsprechend größer.

Vorzugsweise für die Transistortechnik wurde in Fortsetzung der Entwicklung von Klein-Kondensatoren eine bemerkenswerte Bauform geschaffen, die mit einem äußerst dünnen metallisierten Kunststoff-Dielektrikum aufgebaut ist. Dieser sogenannte MKL-Kondensator

(metallisierter Kunststoff Typ L), dessen grundsätzlicher Vorteil in seiner hohen Kapazität je Volumen-Einheit begründet ist, liegt jetzt auch in der dicht verlöteten Kartuschenbauform vor.

Entsprechend den bei Transistorgeräten verhältnismäßig niedrigen Spannungsforderungen sind diese Kondensatoren für 60 und 120 V_~ Nennspannung ausgelegt; der Kapazitätsbereich umfaßt Werte von 0,1 bis 2 μ F. Die Abmessungen eines Kondensators für 60 V Nennspannung und eine Nennkapazität von 0,25 μ F betragen 8 mm im Durchmesser und 17,5 mm in der Länge.

Kondensatoren mit vorzugsweise großen Kapazitätswerten, wie sie in Stromversorgungsanlagen benötigt werden, sind in den bekannten Rechteck- und Rundbecher-Bauformen sowohl in Papier als auch in MP-Ausführung für alle üblichen Nennspannungen lieferbar. Von Bedeutung ist, daß diese MP-Kondensatoren stromstoß- und impulsfest sind und daher in Impuls- oder in impulsempfindlichen Schaltungen verwendet werden können. Besonders erwähnt sei die MP-Rundbecher-Ausführung, die aufgrund ihres Aufbaues Starkstromsicherheit und Betriebssicherheit im Außenraumklima durch Erfüllen der Kriechstreckenforderung nach VDE 0110 Gruppe B/a gewährleistet.

Elektrolyt-Kondensatoren

Die von Siemens & Halske entwickelten Elektrolyt-Kondensatoren für erhöhte Anforderungen, die im grundsätzlichen Aufbau der Normalausführung gleichen, zeichnen sich neben ihrer hohen Lebensdauer und Betriebssicherheit sowie der verringerten zeitlichen Inkonzanz der elektrischen Werte durch einen kleinen Reststrom aus. Sie sind schaltfest und haben einen niedrigen Verlustfaktor sowie einen verstärkten mechanischen Aufbau.

Die Kondensatoren werden in den bekannten Bauformen (Bild 4), darunter auch in dichtverlöteten Rechteckbechern, in den gebräuchlichen Nennspannungen geliefert. Der Kapazitätsbereich erstreckt sich auf Werte von 0,5 bis 40000 μ F in der Niedervolt- und von 0,5 bis 2000 μ F in der Hochvoltreihe. Die untere Betriebstemperatur liegt bei -25°C, wogegen die zu wählende obere Grenztemperatur (max. +70°C) von der Betriebsspannung und von der geforderten Betriebszulässigkeit abhängt.

Neuerdings wurden auch Elektrolyt-Kondensatoren für eine extrem hohe Betriebszuverlässigkeit entwickelt, die innerhalb der Reihe für erhöhte Anforderungen eine Sonderstellung einnehmen.

Auf dem Gebiet der Tantal-Elektrolyt-Kondensatoren, die sich durch einen sehr niedrigen Verlustfaktor und Reststrom sowie durch einen geringen Kapazitätsabfall bei tiefen Temperaturen auszeichnen, wurden zu den bekannten Wendel- und Folienausführungen Sintertypen in trockener und nasser Ausführung entwickelt.

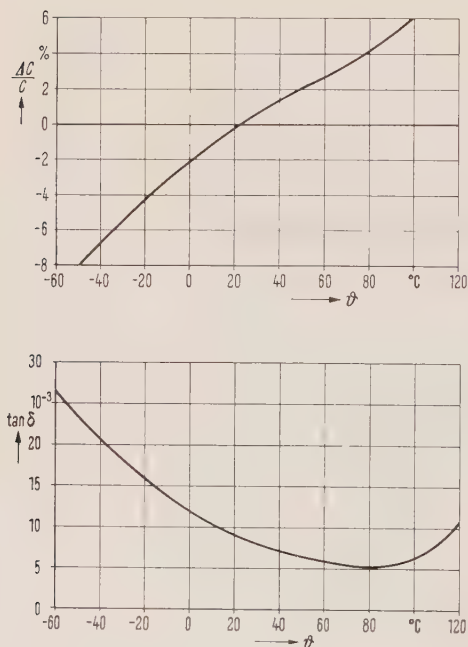


Bild 3 Temperaturabhängigkeit der Kapazität (oben) und des Verlustfaktors (unten) bei einem Papier-Kondensator in Kartuschenbauform

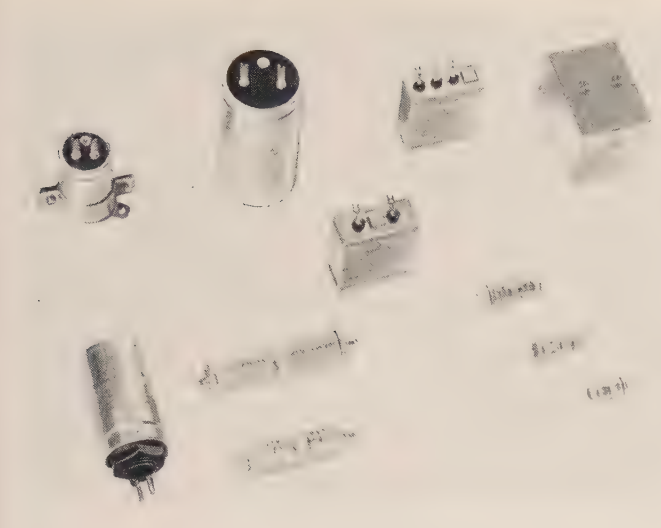


Bild 4 Elektrolyt-Kondensatoren für erhöhte Anforderungen

Die trockene Bauform, bei der der Sinterkörper als Anode mit einem festen Elektrolyten als Kathode in ein zylindrisches, dicht verlötetes Metallgehäuse eingebaut ist, umfaßt Nennspannungen von 3 bis 20 V₋ mit Kapazitätswerten von 0,25 bis 40 µF. Die Abmessungen liegen zwischen 2,5 mmØ × 6 mm und 4,5 mmØ × 11 mm. Der Betriebstemperaturbereich erstreckt sich von -80 bis +70 °C.

Insbesondere für die Transistor- und Miniaturtechnik in gedruckter Schaltung wurde eine nasse Bauform geschaffen, deren Sinterkörper in einen besonders abgedichteten Silberbecher eingebaut ist. Diese Kondensatoren sind für Nennspannungen von 3 bis 35 V₋ mit Kapazitätswerten von 1 bis 40 µF ausgelegt. Ihre Abmessungen betragen 2 mm und 2,4 mm Ø × 6 mm und 3,2 mm Ø × 12 mm. Der Betriebstemperaturbereich liegt bei den ersten beiden Ausführungen zwischen -20 bis +60 °C und geht bei der letztgenannten Ausführung bis +70 °C.

Hochfrequenz-Kondensatoren

Für Hochfrequenzschaltungen, besonders für frequenzbestimmende Kreise, werden Kondensatoren benötigt, die gegenüber den eingangs beschriebenen Arten einen wesentlich kleineren Verlustwinkel und eine wesentlich geringere zeitliche Inkonzanz der Kapazität haben müssen, wobei als zusätzliche Forderung noch ein bestimmter, bei den einzelnen Exemplaren gut übereinstimmender Temperaturbeiwert der Kapazität hinzukommt. Dieser Wert muß in seiner absoluten Höhe und im Verlauf mit dem Temperaturbeiwert der Spule entgegengesetzt übereinstimmen, um Temperatureinflüsse und damit Frequenzverstimmungen auszuschalten. Siemens & Halske stellt hierfür engtolerierete Hochfrequenz-Kondensatoren für erhöhte Anforderungen in

Form von STYROFLEX^{*}-, Glimmer- und Keramik-kondensatoren zur Verfügung (Bild 5), deren zeitliche Inkonzanz der Kapazität bei etwa ±3⁰/₁₀₀ liegt. Bei Verwendung dichtverlöteter Ausführungen läßt sich dieser Wert durch Ausschalten des Feuchtigkeitseinflusses noch auf ±2 bis ±1⁰/₁₀₀ herabdrücken. Der Verlustwinkel liegt je nach Bauform und Größe der Kapazität bei etwa 0,1 · 10⁻³ bis 5 · 10⁻³, gemessen mit Frequenzen von 800 Hz bis 1 MHz.

Einige besonders bemerkenswerte Bauformen des umfangreichen Lieferprogramms sollen kurz beschrieben werden.

STYROFLEX-Kondensatoren

Zu den bekannten Klein-, Zwillings- und Standausführungen wurden dicht verlötete Bauformen geschaffen, deren Spannungs- und Kapazitätsbereiche in Tafel 1 zusammengestellt sind.

Für die Kleinausführung wurde die bewährte Kartuschenbauform gewählt; der Zwillingskondensator ist in ein dicht verlötetes, glasiertes Keramikgehäuse eingebaut. Diese Ausführung wird vor allem dann eingesetzt, wenn ein besonders niedriger Verlustfaktor verlangt und jegliche Bedämpfung benachbarter Spulen ausgeschlossen werden soll. Bei der Standausführung ist der Kondensatorwickel in einem vernickelten Rundbecher eingebaut,

STYROFLEX-Bauform	Nennspannung V ₋	Nennkapazität pF	Kapazitätstoleranz %
Klein-kondensatoren	125 bis 500	500 bis 25 000	±2 ±1
Klein-kondensatoren, dicht verlötet	125 und 500	20 bis 12 000	±1 ±0,5 ±0,3
Zwillings-kondensatoren	125 bis 500	40 bis 50 000	±1 ±0,5 ±0,3
Zwillings-kondensatoren, dicht verlötet	125 und 500	40 bis 6 000	±1 ±0,5
Stand-kondensatoren	125 bis 500	500 bis 500 000	±2,5 ±1 ±0,5 ±0,3
Stand-kondensatoren, dicht verlötet	125 bis 500	500 bis 350 000	±1 ±0,5 ±0,3

Tafel 1 Spannungs- und Kapazitätsbereiche von STYROFLEX-Kondensatoren

* Eingetragenes Warenzeichen der Norddeutschen Seckabelwerke AG

der mit einem Keramikdeckel dicht verlötet abgeschlossen ist. Für die Befestigung ist im Boden des Bechers ein M 4-Gewinde vorgesehen.

Der Betriebstemperaturbereich sämtlicher in Tafel 1 aufgeführten Bauformen erstreckt sich von -25 bis $+70^{\circ}\text{C}$, wobei auch Tieftemperaturausführungen mit einer unteren Grenztemperatur von -55°C geliefert werden können.

Hinsichtlich der Feuchtebeanspruchung genügen die nicht eingebauten Bauformen der Klasse G mit einer zulässigen relativen Luftfeuchte von $\leq 65\%$ im Jahresmittel, die dichtverlöteten der Klasse C.

Glimmerkondensatoren

Auf dem Gebiet der Glimmerkondensatoren wurden Bauformen für erhöhte Anforderungen entwickelt, die sich durch eine besonders hohe Spannungs- und Temperaturfestigkeit auszeichnen. Für die Verwendung in Flachbaugruppen mit gedruckter Schaltung wird die bekannte aralditumgossene »Dominosteinbauform« geliefert, deren Betriebstemperaturbereich sich von -55 bis $+85^{\circ}\text{C}$ erstreckt und die hinsichtlich ihrer zulässigen Feuchtebeanspruchung der Klasse F ($\leq 75\%$ rel. Luftfeuchte im Jahresmittel) genügt. Für weitergehende Ansprüche liegen die dichtverlöteten Bauformen der Klasse C vor.

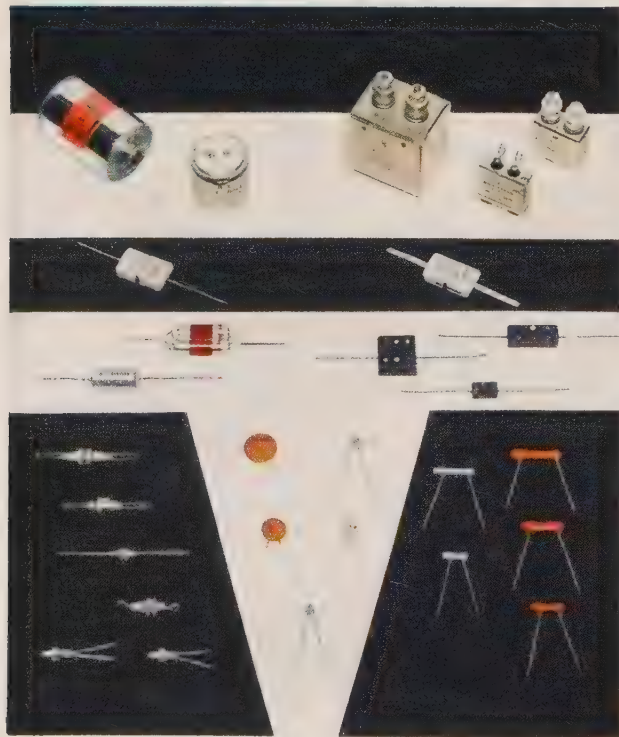


Bild 5 Hochfrequenz-Kondensatoren in STYROFLEX-, Glimmer- und Keramikausführung.
 In der Mitte links die Kartuschenbauform

Neben einer Ausführung im glasierten Keramikgehäuse mit Kapazitätswerten von 20 bis 3000 pF für eine Nennspannung von 350 V_~ sind Rechteckbecherkondensatoren mit Keramik- oder Glasdurchführungen lieferbar, die für eine Nennspannung von 500 V_~ ausgelegt sind. Die Nennkapazitäten umfassen Werte von 100 bis 250 000 pF bei einem Betriebstemperaturbereich von -40 bis $+80^{\circ}\text{C}$. Für induktive Zugbeeinflussungsanlagen wurden Becherkondensatoren mit Kapazitätswerten bis zu 0,9 μF und einer Nennwechselspannung bis zu 960 V_~ entwickelt. Der Temperaturbeiwert der Glimmerkondensatoren ist positiv und liegt bei Ausführungen für Meßzwecke bei $+20 \cdot 10^{-6}$ je $^{\circ}\text{C}$, bei den übrigen je nach Kapazitätswert und Bauform zwischen 0 und $+100 \cdot 10^{-6}$ je $^{\circ}\text{C}$.

Keramikkondensatoren

Diese Kondensatoren nehmen unter den Hochfrequenz-Kondensatoren insofern eine Sonderstellung ein, als sie je nach Wahl entsprechender Ausgangsstoffe mit sehr unterschiedlichen, sowohl positiven als auch negativen Temperaturbeiwerten hergestellt werden können. Die als Durchführungs-, Bypass-, Scheiben- und Rohrkondensatoren lieferbaren Ausführungen werden z. Z. in 15 verschiedenen Werkstoffen gefertigt, so daß dem Anwender für alle möglichen Schaltungsprobleme ein breites Typen- und Massespektrum zur Verfügung steht. Für erhöhte Anforderungen werden diese Kondensatoren mit verstärktem Aufbau gefertigt und darüber hinaus einer Sonderprüfung unterzogen. Dabei zeichnen sich die aus NDK-Massen (mit niedriger Dielektrizitätskonstante) hergestellten Schwingkreiskondensatoren durch einen gezielten positiven oder negativen Temperaturbeiwert mit sehr geringer Streubreite aus. Entsprechend ihrem Verwendungszweck werden sie mit sehr kleinen Kapazitätstoleranzen bis zu $\pm 0,3\%$ geliefert. Extrem hohe Anforderungen werden an die »sprungfesten« Kondensatoren gestellt, deren Kurzzeitkonstanz der Kapazität, das ist die »Sprungfestigkeit«, unter $1 \cdot 10^{-6}$ liegen muß.

Für Koppel- und Überbrückungszwecke sowie für Kontaktentstörern kommen Kondensatoren aus HDK-Massen (mit hoher Dielektrizitätskonstante) in Betracht, bei denen sich große Kapazitätswerte auf kleinem Raum unterbringen lassen. So hat beispielsweise ein Scheibenkondensator aus SIBATIT* H mit einer Nennkapazität von 5000 pF einen Durchmesser von nur 12 mm, ein Rohrkondensator mit 19000 pF eine Länge von nur 40 mm bei einem Durchmesser von 4 mm. Die Kapazitätstoleranz dieser Kondensatoren kann entsprechend ihrem Verwendungszweck größer gehalten werden.

Der Betriebstemperaturbereich der Keramikkondensatoren erstreckt sich von -45 oder -25 bis $+85^{\circ}\text{C}$. Hinsichtlich der zulässigen Feuchtebeanspruchung genügen die lackierten Ausführungen der Klasse G, die umhüllten, spannungsfest isolierten der Klasse F.

* Eingetragenes Warenzeichen

Siemens-Halbleiter-Bauelemente

VON ARMIN BAADER

Transistoren

Im vergangenen Jahr wurde die erste Stufe der Entwicklung von Germanium-Mesa-Transistoren abgeschlossen. Die zunächst vorgestellten vorläufigen Muster M1 und M2 werden durch die jetzt endgültig mit verbesserten Eigenschaften festgelegten Ausführungen AFY10 und AFY11 abgelöst (Bilder 1 und 2).

Ein beachtlicher Teil der Entwicklungsarbeit ist den Transistoren mit sehr hoher Grenzfrequenz gewidmet, die auf dem Gesamtgebiet der Transistoren- und Anwendungstechnik steigende Bedeutung gewinnen. Mit den neuen Höchstfrequenz-Transistoren, die in der sogenannten Mesatechnik hergestellt sind, liegt jetzt ein Teil der Ergebnisse dieser Entwicklungsarbeit vor. Es handelt sich dabei um die ersten in Europa lieferbaren Transistoren dieser Art. Nach langer theoretischer und praktischer Vorarbeit stehen damit Transistoren zur Verfügung, die eine verhältnismäßig hohe zulässige Verlustleistung haben und bei sehr hohen Frequenzen (200 bis 300 MHz) eine hohe Leistungsverstärkung und gute Rauscheigenschaften aufweisen.

	Kollektor-Basis-Spannung $-U_{CBO}$ V	Kollektorstrom $-I_C$ mA	Höchste Schwingfrequenz $f_{osz\ max}$ MHz	Rauschfaktor F bei 100 MHz dB	Wärme-widerstand R_{th}^* °C/mW	Sperrschichttemperatur T_j °C
AFY 10	30	70	600	5,8	0,2	90
AFY 11	30	70	750	4,8	0,2	90

* Zwischen Sperrschicht und umgebender ruhender Luft

Tafel 1 Kennwerte der neuen Germanium-Mesa-Transistoren

Die höchste zulässige Verlustleistung der neuen Transistoren beträgt 180 mW (bei 45 °C); zulässig ist ein Kollektor-Spitzenstrom von 70 mA. Die Transistoren sind zunächst besonders für die Zwecke der kommerziellen Anwendungstechnik bestimmt. In Tafel 1 sind die wichtigsten charakteristischen Werte zusammengestellt.

Für den Einsatz bis 260 MHz, z. B. für rauscharme Eingangsstufen (Tuner), werden zwei weitere neue Ausführungsformen, AFY 12 und AF 106, bekannt gemacht.

Die Entwicklung von Transistoren wird nach verschiedenen Richtungen weitergeführt, auch auf dem Gebiet



Bild 1 Arbeitsplatz in der Fertigung von Mesa-Transistoren

der Transistoren für Schalteranwendungen bei hohen Frequenzen.

Die hohen Anforderungen, die in Geräten der kommerziellen Technik, d. h. in der Nachrichten-, Informations- und Steuertechnik, an die Zuverlässigkeit der Transistoren und an die Beständigkeit der elektrischen Werte gestellt werden, geben Anlaß zu vielen Überlegungen und Arbeiten auf dem Gebiet der Fertigungstechnik.

Mit dieser Qualität, die durch entsprechende Gestaltung und Führung der Fertigungsgänge und eingehende Kontrollen erreicht werden kann, stehen die Betriebssicherheit und elektrische Beanspruchung in unmittelbarem Zusammenhang. Im Rahmen der entsprechenden Untersuchungen haben besondere Bemühungen, die der Feststellung der zulässigen Belastung von Schalt-Transistoren galten, zu aufschlußreichen Ergebnissen geführt. Es können bei verschiedenen Bauarten dieser Transistoren, z. B. AD 103, AD 104 und AD 105, die für die verschiedenen Arten der Impuls-



Bild 2 Germanium-Mesa-Transistor

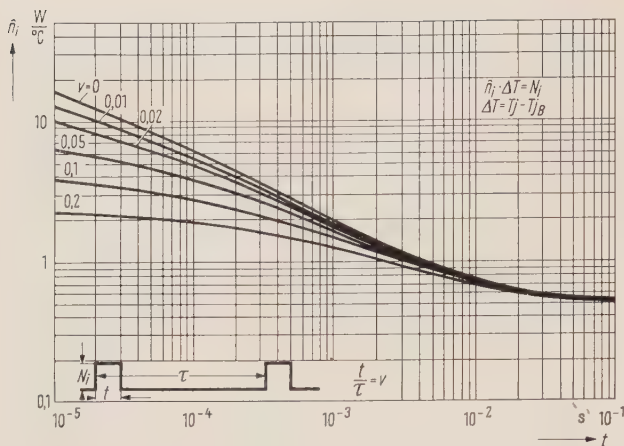


Bild 3 Kurven zur Ermittlung der im Schalterbetrieb zulässigen Impulsbelastung der Transistoren AD 103, AD 104 und AD 105

	$-U_{CB}$ V	$-I_C$ mA	β	$Q_C + E^*$ mW	f_a MHz
AC 108	20	50	30 bis 60	30	1
AC 109	20	50	50 bis 100	30	1
AC 110	20	50	75 bis 150	30	1

* Zwischen Sperrschicht und umgebender ruhender Luft

Tafel 2 Kennwerte der neuen NF-Transistoren

belastung notwendigen Angaben der zulässigen Verlustleistung gemacht werden (Bild 3). Neben der Entwicklung neuer Bauteile nimmt die Erhöhung der Fertigungskapazität einen breiten Raum ein. Dies betrifft vor allem die Fertigung von NF-Transistoren kleinerer und mittlerer Leistung.

Für die Verwendung in Vorstufen wurden drei neue NF-Transistoren entwickelt. Ihre Kennwerte sind in Tafel 2 zusammengestellt.

Dioden

In diesem Bereich ist die Umstellung der bisherigen Fertigung von Keramikdioden für die Anwendungen

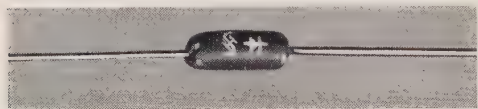


Bild 4 Germanium-Richtleiter für Rundfunk und Fernsehen

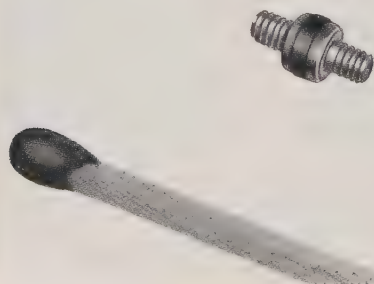


Bild 5
Tunneliode

im Rundfunk- und Fernsehgebiet auf eine neue Glasbauform (Bild 4) besonders hervorzuheben.

Die Fertigungskapazität für Siliziumdioden wurde erweitert; das bekannte Lieferprogramm wird weitgehend beibehalten. Hinzu kam die Diode BA 106 mit einer zulässigen Sperrspannung von 500 V.

Eine Ausweitung des Programmes der Silizium-Zenerdioden ist vorgesehen, und zwar sind Stabilisator-Dioden für die Verwendung im Spannungsbereich zwischen 50 und 80 V geplant.

Tunneliode

Die Tunneliode ist weiterhin Gegenstand eingehender Entwicklungsarbeit. Tafel 3 vermittelt die vorläufigen Daten dreier Ausführungen.

Für diese Dioden wurde ein den zu erwartenden Anwendungen angepaßtes Gehäuse entwickelt (Bild 5).

Nachdem jetzt von verschiedenen Herstellern vorläufige Baumuster von Tunnelioden vorliegen, wird es in der nächsten Zeit Aufgabe der Anwendungs- und Schaltungstechnik sein, neue Verwendungsmöglichkeiten für dieses Bauteil zu finden und zu erproben.

	C_{min} pF	$-R_B$ Ω	R_f Ω	I_1 mA	I_1/I_2
Tu 1 (grün)	< 100	< 150	< 1,8	$1,2 \pm 0,5$	> 4
Tu 2 (gelb*)	< 50	< 250	< 2	$1,0 \pm 0,4$	> 5
Tu 3 (rot*)	< 25	< 250	< 3	$0,5 \pm 0,25$	> 5
Spannung beim Strommaximum	U_1 etwa 55 mV				
Spannung beim Stromminimum	U_2 etwa 250 mV				
Gehäuseinduktivität	L_0 etwa 1 nH				
Maximal zulässige Verlustleistung	$Q = 20$ mW				
Temperaturbereich	-50 bis +75 °C				

* Aus diesen Typen können auf Wunsch Tunnelioden mit Grenzfrequenzen >1 GHz geliefert werden.

Tafel 3 Vorläufige Kennwerte der neuen Tunnelioden
($T_{Umg} = 25^\circ C$)

Heißleiter

Das bisherige Programm wird im wesentlichen beibehalten, aber durch einige neue Ausführungen ergänzt. Dies gilt besonders für die Reihe der Anlaß-Heißleiter. Neu sind hier die Ausführungen A 34-7/10 und A 34-6/40.

Technische Daten

A 34-7/10

Nennspannung	U_N 7 V
Nennstrom	I_N 10 mA
Kaltwiderstand	R_{20} 100 k $\Omega \pm 30\%$
Verzögerungszeit	τ_M 0,5 s (bis 60 V)

A 34-6/40

Nennspannung	U_N 6 V
Nennstrom	I_N 40 mA
Kaltwiderstand	R_{20} 6 k Ω
Verzögerungszeit	τ_M 7 s (bis 24 V)

Die Baureihe des Kompensations-Heißleiters K 25 (Bild 6) wurde um einige Widerstandswerte erweitert.

Technische Daten
K 25

R_{20}	10	25	60	150	1000	Ω
T_K	3,0	3,1	3,3	3,6	4,1	$-^{\circ}\text{C}$

Ableitungskonstante $\mathcal{A} = 30 \text{ mW}/^{\circ}\text{C}$; $T_{\text{max}} = 75^{\circ}\text{C}$

Die Bauform des Heißleiters K 25 ist besonders geeignet für die Temperaturkompensation von Transistorschaltungen sowie zur Temperaturmessung und -regelung.

Auf dem Gebiet der fremdgeheizten Heißleiter wurde schon vor einiger Zeit die Umstellung der bisherigen Glasbauform auf die neue Metallbauform F 73-41/21 vorgenommen. Es ist eine Erweiterung des Lieferprogrammes vorgesehen, und zwar sind Ausführungsformen mit einem Kaltwiderstand von 60 und 400 k Ω geplant (Tafel 4).

	R_{20} k Ω	R_W k Ω	R_{HZ}	τ s
F 73 - 41/21	10	0,1	100	etwa 3
F 73 - 46/23	60	0,3	100	etwa 3
F 73 - 54/32	400	2,0	100	etwa 3

- R_{20} Widerstand des THERNEWID* bei 20 °C Umgebungstemperatur
- R_W Warmwiderstand des THERNEWID (Nennwert)
- R_{HZ} Widerstand der Heizwendel
- τ Thermische Abkühlzeitkonstante

Tafel 4 Kennwerte der neuen fremdgeheizten Heißleiter in Metallbauform (Bauform F 73)

Außer der Normalausführung des Heizerwiderstandes von 100 Ω können auch Heißleiter mit einem Heizerwiderstand von 400 Ω geliefert werden. Dadurch läßt sich der notwendige Heizerstrom auf die Hälfte verringern. Fremdgeheizte Heißleiter eignen sich zum Steuern und Regeln von Röhren- und Transistor-Verstärkern, besonders auch von räumlich getrennten Schaltstellen aus. Sie können in Verbindung mit empfindlichen Relais auch zur Erzeugung von Schaltimpulsen verwendet werden.

Hallgeneratoren

Die weitere Anpassung der bisher schon bekannten Ausführungen an bestimmte Anwendungen hat es ermöglicht, auf zwei Typen der Standardausführung FA 21 und FA 23 zu verzichten. Neu entwickelt wurde in einer besonderen Herstellungstechnik eine Hallsignalsonde mit der Bezeichnung SV 230 (Bild 7). Hierbei handelt es sich um einen Hallgenerator, der in Aufdampftechnik hergestellt wird. Mit dieser neuen Aufdampftechnik lassen sich besonders dünne Halbleiter-



Bild 6 Heißleiter K 25 mit hoher Wärmeableitung zur guten Temperaturkompensation in Transistorschaltungen

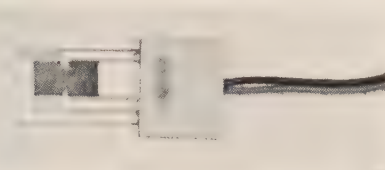


Bild 7 Hallsignalsonde SV 230 in Aufdampftechnik



Bild 8 Silizium-Fotoelement BPY 11 für die Abtastung von Lochstreifen

schichten erzielen, die sehr hohe Werte der Empfindlichkeit haben. Der Zusammenhang von Steuergrößen und Hallspannung ist bei diesen Sonden nicht linear genug, um sie auch für genauere Feldmessungen verwenden zu können. Dagegen eignen sie sich besonders gut für den Einsatz in Steueranlagen zur Anzeige oder Umformung magnetischer Signale.

Fotobauteile

Das bisherige Programm an fotoelektrischen Bauteilen wird um einige Ausführungen erweitert. Hier sei zunächst das Fotoelement BPY 11 (Bild 8) genannt. Dieses Fotoelement mit seinen kleinen Abmessungen (2,2 mm \times 4,8 mm) ist besonders für die Anwendung in Steuer- und Regelschaltungen geeignet. Bei den günstigen elektrischen Eigenschaften ist eine sehr breite Verwendung dieses Bauteils zu erwarten.

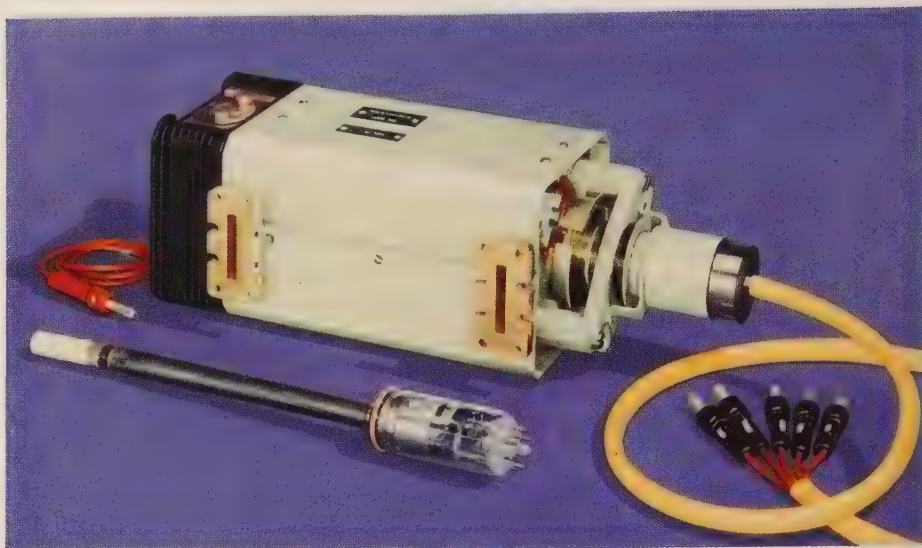
Neben dem Solarelement TP 60 steht nun ein weiteres Solarelement mit der Bezeichnung TP 61 zur Verfügung. Die elektrischen Daten entsprechen weitgehend denen der TP 60. Das lichtempfindliche Element ist jedoch nicht in ein Gehäuse eingebaut. Damit besteht für den Anwender die Möglichkeit, den Einbau ganz den jeweiligen Erfordernissen anpassen zu können; desgleichen kann eine Reihe solcher Elemente zu Solarbatterien zusammengestellt werden. Zu diesem Zweck lassen sich die Fotoelemente TP 61 mit geeigneten Klebern beispielsweise auf Glasplatten aufkitten.

Auch das Programm der Germanium-Fotodioden wurde erweitert. Außer der TP 50 ist jetzt eine Ausführungsform lieferbar, die für eine Spannung von 30 V geeignet ist.

Für besondere Anwendungen steht die Kleinstausführung einer Fotodiode mit der Bezeichnung TP 55 zur Verfügung. Auch hier ist eine Erweiterung des Programmes vorgesehen. Es sollen neben die TP 55 auch Ausführungsformen treten, die für Versorgungsspannungen von 30 V (TP 56) und 15 V (TP 57) geeignet sind.

* Eingetragenes Warenzeichen

Bild 1 Wanderfeldröhre RW 6 mit Magnetsystem



Neue Höchstfrequenz- und Spezialverstärkerröhren

VON HEINZ MELCHER

In den kommenden Jahren werden zahlreiche neue Entwicklungsaufgaben auf dem Gebiet der Nachrichtenübertragungs- und Antennenverstärkertechnik zu verwirklichen sein. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, wurde das Programm der Siemens-Höchstfrequenz- und Spezialverstärkerröhren um eine Reihe neuer Röhren erweitert.

Höchstfrequenzröhren

RW 6 – Wanderfeldröhre für den Frequenzbereich von 5,5 bis 7,5 GHz

Die ständige Zunahme der Gesprächsdichte erfordert Übertragungseinrichtungen mit breiten Frequenzbändern, die sich in der Richtfunktechnik nur bei hohen Trägerfrequenzen verwirklichen lassen. Die bisherigen 4-GHz-Richtfunkssysteme mit der bewährten Wanderfeldröhre RW 3 ermöglichen die Übertragung von 960 Gesprächen. Mit der neuen Wanderfeldröhre RW 6 (Bild 1) können 1800 Gespräche bei einer mittleren Trägerfrequenz von 6,2 GHz übertragen werden.

Im gesamten Frequenzbereich liefert die Röhre eine Betriebsausgangsleistung von 10 W bei einer Verstärkung von 38 dB. Durch die hohe Sättigungsleistung von mehr als 18 W werden Modulationsstörungen infolge der nichtlinearen Verzerrungen klein gehalten. Die Rauschzahl beträgt 25 dB.

Durch Abbremsung des Elektronenstrahls wird die Auffängerverlustleistung ($Q_a = 45$ W) so klein gehalten, daß unter üblichen Betriebsbedingungen keine zusätzliche Kühlung erforderlich ist. Hierdurch wird eine beträcht-

liche Erhöhung des Wirkungsgrades erzielt. Die Verwendung einer Metall-Kapillarkathode (Vorratskathode) gewährleistet eine hohe Lebensdauer der Röhre.

Das Fokussierungsfeld des Elektronenstrahls besteht aus einem periodischen Wechselfeld, das außer den kleinen räumlichen Abmessungen eine stabilere Fokussierung des Elektronenstrahls ermöglicht als die bisher bei Wanderfeldröhren übliche Verwendung eines magnetischen Gleichfeldes. Durch Maßnahmen innerhalb der Röhre wurde eine sehr gute Anpassung des HF-Einganges und Ausganges erzielt. Im Frequenzbereich von 5,9 bis 6,45 GHz wird ohne Nachstimmung der äußeren Abstimmeelemente eine Welligkeit am Eingang von $m < 1,2$ und am Ausgang von $m < 1,3$ erreicht. Die vorgesehenen äußeren Abstimmeelemente ermöglichen im gesamten Frequenzbereich von 5,5 bis 7,5 GHz bei einer Bandbreite von ± 20 MHz eine Welligkeit von $m < 1,1$ am Eingang und Ausgang. Von besonderem Vorteil ist der einfache Röhrenwechsel ohne wesentliche Nachstimmung des Fokussierungsfeldes und der Abstimmeelemente für die Anpassung.

RK 6 – Reflexklystron für den Frequenzbereich von 5,775 bis 5,925 GHz

Das Reflexklystron RK 6 (Bild 2) ist besonders zur Verwendung als Modulator und Oszillator für Richtfunkssysteme mit Frequenzmodulation im 6-GHz-Band geeignet. Die abgegebene HF-Leistung beträgt im Mittel 100 mW.

Der Hohlleiteranschluß des HF-Ausganges und der Feintrieb für die mechanische Frequenzabstimmung sind aus

Bild 2 zu ersehen. Das Klystron ist in Metall-Keramik-Technik ausgeführt, wodurch eine Oberflächentemperatur bis zu 180 °C zulässig ist. Unter üblichen Betriebsbedingungen ist daher bei guter metallischer Wärmeableitung über den Anschlußflansch des Hohlleiters keine zusätzliche Kühlung erforderlich. Wie die RW 6 ist auch die RK 6 mit einer Metall-Kapillarkathode ausgerüstet.

An die Linearität der Modulationskennlinie eines Klystrons werden bei Richtfunksystemen mit großen Gesprächszahlen sehr hohe Anforderungen gestellt. Mit der RK 6 wird bei einer Modulationssteilheit von 2,5 MHz/V eine Linearität von <1% bei einer Modulationsbreite von ± 5 MHz erreicht. Hierdurch entfällt das üblicherweise für diese Anwendung benötigte Linearisierungsglied und damit die bei Röhrenwechsel schwierige Nachstimmung. Gegenüber den bisher verwendeten Klystrons mit einer Linearität von bestenfalls 3% stellt die RK 6 damit einen wesentlichen Fortschritt dar.

Die lineare Kennlinie wurde durch sehr starke Ankopplung der Last erzielt, wodurch die große elektronische Bandbreite von 60 MHz erreicht wird. In Schaltungen, in denen Resonator- und Reflektorspannung gleichzeitig gewobelt werden, läßt sich die zwei- bis dreifache elektronische Bandbreite bei einer Leistungsänderung von etwa 1% erzielen.

RWO 40 – Rückwärtswellenoszillator für den Frequenzbereich von 30 bis 45 GHz

Neuzeitliche Anwendungen in der Höchstfrequenztechnik erfordern Röhren mit breitem elektronischem Durchstimmbereich. Für derartige Anwendungsfälle wurde der Rückwärtswellenoszillator RWO 40 entwickelt, der über den gesamten Frequenzbereich von 30 bis 45 GHz eine mittlere Ausgangsleistung von 40 mW liefert.

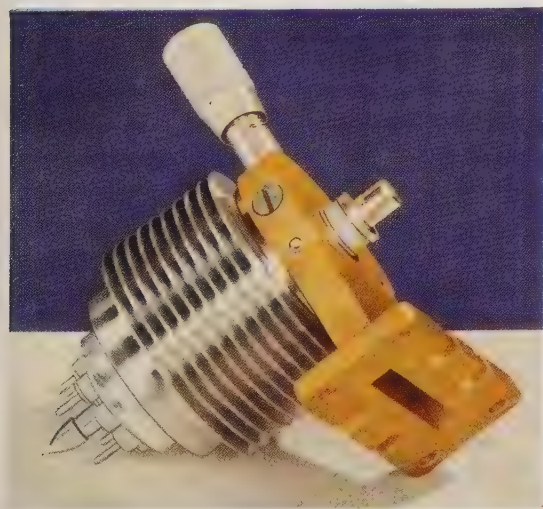


Bild 2 Reflexklystron RK 6

Durch Verändern der Verzögerungsleitungsspannung kann über den gesamten Frequenzbereich gewobelt werden. Darüber hinaus ist durch eine einfache Regelanordnung eine konstante Ausgangsleistung zu erzielen. Diese Eigenschaften machen den RWO 40 besonders geeignet für Anwendungen in Radaranlagen, die mit schnellen Frequenzänderungen arbeiten. Ebenso wird diese Röhre in Hohlkabel-Übertragungssystemen und in der Mikrowellenspektroskopie verwendet. Messungen und Untersuchungen von Bauteilen, wie z.B. Hohlraumleitungen, Dämpfungs- und Anpassungsgliedern, Antennen usw., können auf einfache und zeitsparende Weise durchgeführt werden. Fertigungsprüfungen, die zahlreiche Meßpunkte bei bestimmten Einzelfrequenzen erfordern, können schnell vorgenommen werden, wenn man die Verzögerungsleitungsspannung mit einer Anordnung von Schaltern so einstellt, daß innerhalb des Frequenzbereiches jede Frequenz verfügbar ist, ohne daß viele Einzelvorgänge bei jeder Messung erneut durchgeführt werden müssen.

Der Rückwärtswellenoszillator kann sowohl frequenzmoduliert als auch mit Impulsen oder Rechteckwellen amplitudenmoduliert werden. Bei Frequenzmodulation ist es lediglich nötig, der Verzögerungsleitungsspannung die gewünschte Modulationsspannung zu überlagern. Der Frequenzhub kann durch Amplitudenregelung leicht gesteuert werden.

Spezialverstärkerröhren

E 288 CC – Steile, rauscharme Leistungs-Doppeltriode

Als Weiterentwicklung der bewährten Universal-Doppeltriode E 88 CC zeichnet sich die E 288 CC bei gleicher Sockelschaltung und gleichen Betriebsspannungen besonders durch den auf 30 mA erhöhten Anodenstrom bei einer Steilheit von 18 mA/V aus.

Die E 288 CC eignet sich besonders für Cascode-schaltung in HF-Breitbandverstärkern, in denen sich infolge der günstigen Röhrendaten hohe Verstärkung und Ausgangsleistung bei kleiner Kreuzmodulation erzielen lassen. In einem Ein-Röhren-Antennenverstärker für das Fernsehband III (174 bis 223 MHz) wird im gesamten Bereich eine nahezu konstante Leistungsverstärkung von 22 dB erzielt. Bei einem Kreuzmodulationsfaktor von <1% wird eine Ausgangsspannung von 1 V an 60 Ω erreicht.

Darüber hinaus kann die E 288 CC als Impuls- und Schalt-röhre sowie in Frequenzvervielfachern und Kathodenverstärkern verwendet werden. Durch den niedrigen Rauschwert ist sie auch vorteilhaft in Eingangsstufen einzusetzen.

Als Spezialverstärkerröhre hat die E 288 CC die Qualitätsmerkmale dieser Reihe, wie lange Lebensdauer, Zuverlässigkeit, enge Toleranzen, Stoß- und Erschütterungsfestigkeit sowie zwischenschichtfreie Spezialkathode.

Langstabisolatoren als Bauelemente für Hochspannungs-Freileitungen

VON THEODOR WITTENZELLNER

Zur Beurteilung der elektrischen Eigenschaften von Freileitungsisolatoren wird deren Verhalten gegenüber Prüfspannungen in sauberem und verschmutztem Zustand oder – bei durchschlagbaren Ausführungen – die Höhe der Durchschlagspannung herangezogen. Die mechanischen Werte genormter Freileitungsisolatoren sind in den DIN-Blättern 48004, 48006 und 48007 festgelegt worden und jeweils bei Stück- oder Stichprobenprüfungen nachzuweisen. Das Isoliervermögen gegen Spannungsbeanspruchungen bei Betriebsfrequenz wird nur bei Stützen- oder Kappenisolatoren nach DIN 48004 und 48007 im einzelnen nachgeprüft. Alle Freileitungsisolatoren werden einer Typenprüfung mit den Werten der Prüfwechselspannung nach VDE 0111, Tafel 1 oder 2, unterworfen. Der Nachweis des unteren Stoßpegels eines Isolators oder einer Isolatorenkette ist nur nach vorheriger Vereinbarung zwischen Hersteller und Abnehmer zu führen. Die Mindestwerte sind in VDE 0111, Tafel 3 oder 4, enthalten.

In den letzten Jahren sind in der Herstellung von Freileitungsisolatoren bemerkenswerte Fortschritte erzielt worden, die besonders den Langstabisolatoren zugute kommen. Das gilt gleichermaßen für die Masseaufbereitung und die Formgebung als auch für den Brand und die Prüfung. Die in der Porzellanfabrik Redwitz der Siemens-Schuckertwerke entwickelte Form des Einspannzapfens ermöglicht in Verbindung mit einem hochwertigen Kittverfahren eine weitgehende Ausnutzung der Porzellanfestigkeit. Von den allgemein üblichen Einspannzapfen unterscheidet sich die Ausführung der Siemens-Schuckertwerke durch eine Formgebung, die die Deformation der belasteten Tempergußkappe und ihre Auswirkung auf die mechanische Beanspruchung des Isolierkörpers berücksichtigt. Dadurch wird eine weitgehende Minderung der Belastungsspitzen am Kappenrand erzielt.

Angestrebt wurde eine gleichmäßige Streuung der Bruchebenen bei Zerreißversuchen über die gesamte freie Länge des Isolierkörpers. Mit normalen, handelsüblichen Tempergußkappen läßt sich dieses Ziel – wegen einer ungleichmäßigen Kappendeformation bei Zugbe-



Bild 1 220-kV-Abspannketten mit Schutzarmaturen

lastung – nur durch eine Verstärkung des gefährdeten Porzellanquerschnittes am Kappenrand erreichen. Ohne Verstärkung muß hier mit einer Festigkeitsminderung von etwa 25 bis 30% gegenüber dem Schirmbereich gerechnet werden. Zahlreiche Zug- und Bruchversuche mit Langstabisolatoren verschiedener Baulängen hatten ergeben, daß die Differenz zwischen den Mittelwerten der Bruchlasten von normalen, allgemein gebräuchlichen Einspannzapfen und verstärkten und verlängerten Ausführungen mindestens 20 bis 25% beträgt. Die von den Siemens-Schuckertwerken verwendete ballige Zapfenform führt zu einer Festigkeitszunahme die noch darüber liegt. Diese Einspannzapfen in Verbindung mit einer Verstärkung des Einspannquerschnittes ermöglichen daher die volle Ausnutzung der Porzellanfestigkeit. Mit normaler Hartporzellanmasse erhält man durch diese Maßnahme eine Festigkeitssteigerung gegenüber den genormten Werten von etwa 80%, bei Masse hoher Festigkeit von mehr als 100%. Es ist zu wünschen, daß diese Erkenntnisse auch allgemein im Leitungsbau ausgenutzt werden (vgl. Entwurf DIN 43167). Beispielsweise haben sehr häufig verwendete Fahrleitungsisolatoren einen Strunkdurchmesser von 60 mm innerhalb der Schirmpartie und 70 mm am Kappenrand. Wenn bei einem Langstabisolator etwa des Typs VKL 75/14 der Strunkdurchmesser an dieser Stelle von 75 mm auf 85 mm vergrößert wird, erhält der Langstabisolator die mechanische Festigkeit eines Isolators VKL 85/14. Dabei würde er aber sein gegenüber einem

Isolator VKL 85/14 höheres Isoliervermögen in verschmutztem Zustand weiterhin beibehalten.

Die elektrischen Eigenschaften der Isolatoren sind weitgehend unabhängig vom Werkstoff des Isolierkörpers. Formgebung und Oberflächenbeschaffenheit bestimmen die Höhe der Stehspannung. In der Regel werden die Kenndaten nicht als Steh-, sondern als Überschlagwerte angegeben. Das gilt sowohl für den Bereich der Betriebsfrequenz als auch für Stoßspannungen.

Allgemein wird bei grafischen Darstellungen die Abhängigkeit der Steh- oder Überschlagspannungen von der Baulänge, der Schlagweite oder der Gliedzahl der Isolatorkette in Form von Geraden angegeben. Wenn zum Vergleich die elektrischen Daten aus Katalogen der Isolatorhersteller herangezogen werden, ergibt sich praktisch die gleiche Abhängigkeit. Eigene Messungen zeigten jedoch, daß nur bis zu Kettenlängen von etwa 250 cm die Überschlagspannung annähernd linear mit der Baulänge zunimmt (Bild 2; alle Werte gelten für Isolatoren mit Schutzarmaturen).

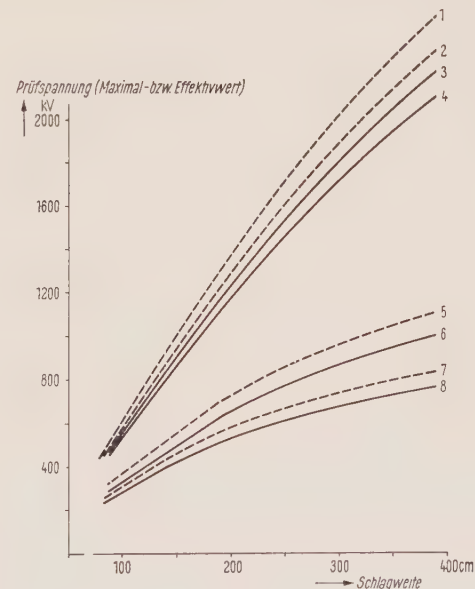
Nach VDE 0210 wird die Leitungsisolation bemessen

- a) gegenüber Beanspruchungen durch Betriebsvorgänge anhand der nachgewiesenen Prüf- bzw. Überschlagwechselspannungen (VDE 0111, Tafel 1 und 2),
- b) in bezug auf die Isolation gegenüber Gewitterüberspannungen durch Nachweis des unteren Stoßpegels (VDE 011, Tafel 3 und 4).

Da das Isoliervermögen gegen Stoßspannungen bei Isolatoren oder Isolatorketten praktisch nur von deren Schlagweite abhängt, ist der Stoßpegel eine einfache Bemessungsgrundlage. Aus wirtschaftlichen Gründen wird man versuchen, mit Mindestlängen auszukommen. Der untere Stoßpegel beeinflußt daher weitgehend die Länge der Isolatorkette. Wenn man diesen Wert einhalten will, muß versucht werden, die geforderte 50-Hz-Prüfspannung durch geeignete Formgebung der Isolatoren zu erreichen. Hier beginnen nun die Schwierigkeiten. Es hat sich in der Praxis gezeigt, daß der Nachweis der vorgeschriebenen 50-Hz-Prüfspannung bzw. der Überschlagspannung bei sauberen, trockenen bzw. berechneten Isolatoren keineswegs eine Gewähr für störungsfreien Betrieb gibt, wenn die Isolatoren im Betriebszustand Einflüssen ausgesetzt werden, die das Isoliervermögen erheblich herabsetzen. So können z. B. Tau oder Nebel zu Überschlägen bei Leiter-Erdspannung führen. Da Störungen häufiger durch Oberflächenüberschläge infolge von Fremdschichten als durch atmosphärische Überspannungen hervorgerufen werden [1], kommt der ausreichenden Isolationsbemessung eine besondere Bedeutung zu. Es ist daher wichtig, das Isoliervermögen auf Sicherheit gegenüber Oberflächenüberschlägen abzustimmen. Aufgrund zahlreicher Fremdschicht-

prüfungen, die im Schaltwerk Berlin durchgeführt wurden, konnte eine Eingruppierung hinsichtlich des Isoliervermögens sowohl für Langstabilisatoren als auch für Kappenisolatoren vorgenommen werden. Neuerdings durchgeführte internationale Vergleichsversuche in mehreren Prüffeldern [2] bestätigten diese Einteilung. Erwähnenswert ist, daß die Fremdschichtprüfung entsprechend den Richtlinien nach VDE 0448/...59 den Vorzug der echten Reproduzierbarkeit der Ergebnisse hat und das Isoliervermögen der Isolatoren in Form von Stehspannungs- bzw. Fremdschichtkennlinien für einen weiten Einsatzbereich eindeutig bestimmt.

Die Siemens-Schuckertwerke haben zwei Isolatortypen entwickelt [3], die bei vorgegebener Baulänge ein Optimum an Isoliervermögen erreichen. Anhand der Stehspannungskennlinien kann man feststellen, daß diese Langstabilisatoren hinsichtlich der Isolationsminderung bei zunehmender Oberflächenverschmutzung annähernd das gleiche Verhalten zeigen wie entsprechend lange Ketten aus Kappenisolatoren. Dabei ist der Langstabilisator SVKL 75/22s – Glattschirmisolator – etwa einer gleich langen Kette aus Kappenisolatoren $5\frac{3}{4}'' \times 10''$ und der Langstabilisator SVKL 75/22u (Unterschirmisolator) einer Kette aus Spezialisolatoren (fog type) gleichzusetzen. Der Langstabilisator mit Unterschirmen hat ein



Stoßspannung, 1/50 μ s-Welle:

- 1 50%-Überschlagspannung, positive Welle (Meßwert)
- 2 50%-Überschlagspannung, negative Welle (Meßwert)
- 3 Stehspannung, positive Welle (errechnet)
- 4 Stehspannung, negative Welle (errechnet)

50-Hz-Spannung:

- 5 Überschlagspannung, Isolator trocken (Meßwert)
- 6 Stehspannung, Isolator trocken (errechnet)
- 7 Überschlagspannung, Isolator beregnet (Meßwert)
- 8 Stehspannung, Isolator beregnet (errechnet)

Bild 2 Überschlag- und Stehspannungen von Langstabilisatoren

optimales Verhältnis zwischen Überslagspannung bei 50 Hz und 50%iger Überslag-Stoßspannung zu $1/50 \mu\text{s}$. Mit diesem Isolator oder einer Ausführung mit gleichem Fremdschichtverhalten kommt man dem wirtschaftlichen Wunsch am nächsten, die Isolationsbemessung nach dem jeweiligen unteren Stoßpegel festzusetzen. Die Forderung nach ausreichender Sicherheit hinsichtlich einer Isolationsminderung durch örtliche Schmutzquellen ist damit praktisch auch für alle möglichen Betriebsfälle erfüllt. Bei den anderen Isolatoren sind zur Verminderung von Oberflächenüberschlägen Überlängen erforderlich. Es ist dann u. U. notwendig, durch vorgezogene Schutzarmaturen die Schlagweite und damit den Stoßpegel der Leitung zu erniedrigen.

Bei Isolator Ketten von etwa 1 m und darüber ist der Einsatz von Schutzarmaturen allgemein üblich. Diese erfüllen eine dreifache Aufgabe. Sie sollen den Isolator und die Isolator Kette vor thermischen Lichtbogeneinwirkungen solcher Überschläge schützen, die durch atmosphärische Überspannungen oder durch Isolationsminderung infolge Fremdschicht entstehen. Sie sollen außerdem durch Potentialsteuerung verhindern, daß an den Kettengliedern gefährliche Teilspannungen bzw. an der Isolator Kette einschließlich der Klemmen Hochfrequenz-Störspannungen auftreten.

Über den Wert der Lichtbogenschutzarmaturen in den ersten beiden Fällen bestehen keine einheitlichen Auffassungen. Versuche im Hochleistungsprüffeld [4] haben gezeigt, daß bei starrer Erdung die Abschaltzeiten so kurz sind, daß sich die elektrodynamische Richtwirkung der Schutzarmaturen kaum auswirkt. Andererseits ist aber aus der Praxis [5, 6] bekannt, daß Isolatoren und Isolator Ketten mit Schutzarmaturen weniger Schäden aufweisen als Anordnungen ohne Schutzarmaturen.

Bei Betriebsspannungen von 380 kV und darüber ist der Verminderung und Begrenzung des HF-Störpegels be-

sondere Beachtung zu schenken. Im Zusammenhang mit einer günstigen Spannungssteuerung längs der Isolator Kette muß das unterschiedliche Verhalten der Isolatoren im sauberen und verschmutzten Zustand berücksichtigt werden. Bei einer sauberen Isolator Kette wird der Spannungsverlauf praktisch nur von den verschiedenen Teilkapazitäten beeinflusst. Dieser Einfluß wird abgeschwächt oder ganz beseitigt durch Oberflächenströme, die bei verschmutzten und befeuchteten Isolatoren auftreten.

Wenn man die geschilderten Möglichkeiten ausnutzt, dabei aber nicht den genormten Bruchlastwert erhöhen will, wie bereits vor einiger Zeit vorgeschlagen wurde [3], so können unter Beachtung der Vorschriften für den Bau von Starkstromfreileitungen (VDE 0210 § 12) für Bündelleiter und Einfachleiter mit Seilquerschnitten von $210/36 \text{ mm}^2$ (Stahl-Aluminium) bzw. 150 mm^2 (Kupfer) an, Isolatoren mit 75/85 mm Strunkdurchmesser einheitlich für Abspann- und Tragmaste verwendet werden. Aus verschiedenen Gründen wird man für höhere Belastungen nicht den Isolatorquerschnitt weiter vergrößern, sondern die Trag- und Abspannketten verdoppeln oder verdreifachen. Für die zahlreichen Fälle mit weit geringerer Belastung würde ein Strunkdurchmesser von 65/75 mm ausreichen.

Nach dem derzeitigen Stand über das Fremdschichtverhalten von Isolatoren könnte man unter Berücksichtigung der im CIGRE-Bericht 416-1960 [7] über die Isolierung von Hochspannungsfreileitungen gemachten Angaben für maximale Betriebsspannungen von beispielsweise 250 kV, 420 kV und 525 kV die Zuordnung entsprechend Tafel 1 vorschlagen. Die Schlagweiten wurden unter Zugrundelegung allgemein gebräuchlicher Armaturen ermittelt. Als Zwischenarmaturen und auf der Traversenseite wurden Spiralhörner, auf der Leiterseite ringförmige Armaturen vorgesehen (s. Bild 1).

Bei Langstabisolatoren mit anderen Abmessungen oder Formen muß, wenn gleicher Isolationswert gefordert wird, die Baulänge vergrößert werden.

Höchste dauernd zulässige Betriebsspannung	Isolatortyp*	Baulänge mm	Schlagweite mm	Elektrische Werte	
				50-Hz-Stehspannung bei Regen (Effektivwert) kV	Stehstoßspannung $1/50 \mu\text{s}$ negat. Welle (Maximalwert) kV
250	2×SVKL 75/22u	2540	1900	505	1100
420	3×SVKL 75/22u	3810	2900	650	1650
525	4×SVKL 75/22u	5080	3900	770	2100

* Für Gebiete mit starker Industrierverschmutzung oder in Küstennähe

Tafel 1 Kennwerte von Isolatoren für Hochspannungsfreileitungen

Schrifttum

- [1] Schmidt, O. H. und Basel, G.: Auswertung der Isolationsstörungen an Langstabisolatoren in den 110- und 220-kV-Netzen der DDR für das Jahr 1958. IfE (1960) 172 bis 178
- [2] Report on the Activities of Study Committee No. 5. Insulators. CIGRE 234-1960
- [3] Wittenzellner, Th.: Neue Siemens-Langstabisolatoren. Siemens-Zeitschrift 34 (1960) 261 bis 263
- [4] Glupe, H.: Die Notwendigkeit von Schutzarmaturen in neuzeitlichen Höchstspannungsnetzen. Energie-Technik 8 (1958) 158 bis 162
- [5] Roggendorf, A.: Einflüsse der Verschmutzung auf Bau und Betrieb von Freiluft-Hochspannungsanlagen. ETZ (1943) 572 bis 578
- [6] Morgenstern, G.: Die Notwendigkeit von Lichtbogenschutzarmaturen in Freileitungsisolatoren. Energie-Technik 9 (1959) 85 bis 90
- [7] Sporn, Ph., Cahen, F. und Magnien, M.: Report on the Work of Study Committee No 9 on Extra-High Voltage A. C. Transmissions. CIGRE 416 - 1960

Innenraumtrenner (Reihen 10 bis 30) nach neuer Norm mit Gießharzisolierung

VON ERWIN HARTMANN

Empfehlungen der IEC (International Electrical Commission) stimmten bisher mit den Regeln des VDE und mit den DIN-Normen häufig gut überein. Bei der Festlegung neuer IEC-Empfehlungen für Nennausschaltleistungen und Nennströme von Leistungsschaltern wurden aber Reihen befürwortet, die sowohl in den einzelnen Werten als auch in der Stufung von den bisher geltenden deutschen Normen abweichen.

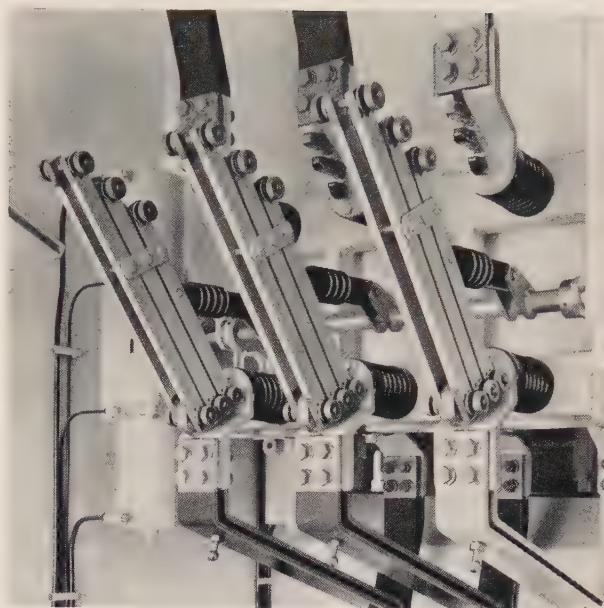
Mit Rücksicht auf ausländische Kunden wurden die DIN-Normen für Hochspannungs-Leistungsschalter den IEC-Empfehlungen angeglichen (DIN 43612). Da einem Leistungsschalter immer Trenner vor- oder nachgeschaltet sind, wurden auch die geltenden Trennernormen den neuen Gegebenheiten angepaßt (DIN 43635).

Obwohl die alte Norm DIN 43617 noch bis zum 31. Dezember 1962 gelten soll, wurde bei den Siemens-Schuckertwerken die Umstellung auf die neue Norm in den wenigen Monaten seit dem Erscheinen von DIN 43635 bereits durchgeführt, so daß bis Reihe 30 nur noch Trenner nach den neuesten Normen geliefert werden.

Die hervorstechendste Änderung dieser neuen Norm ist die Nennstromreihe mit 400, 630, 1250, 1600, 2500, 4000 und 6300 A, gegenüber der alten Reihe mit 400, 600, 1000, 2000, 3000, 4000 und 6000 A. Die oberen Werte der Nennstoßströme (Scheitelwert des zulässigen Stoßkurzschlußstromes im eingeschalteten Zustand) wurden von 100 und 150 kA in 75, 125 und 160 kA geändert. Die dritte Änderung betrifft die Nennkurzzeitströme (Effektivwert des 1-s-Stromes). Nach der neuen Norm betragen sie 40% der jeweiligen Nennstoßströme.

Die Umstellung der alten Trennertypen auf diese neuen Werte war in allen Fällen unter Beibehaltung der bisherigen Anschluß- und Befestigungsmaße möglich, was im Hinblick auf Austauschbarkeit, auf Erweiterungen und Ersatzlieferungen als Erfolg betrachtet werden kann.

In der neuen Norm sind aber auch Trenner enthalten, die völlige Neukonstruktionen bedingten, z. B. der Ausführungen mit 1600 A Nennstrom. Bei diesen Trennern wurde die bewährte Konstruktion der Trenner H 246 angewandt, d. h., jeder Trenner hat ein in mehrere Paralleltrennmesser aufgeteiltes bewegliches Schaltstück mit Punktkontakten; jedes einzelne Trennmesser hat Dreipunkt-Auflage; die festen Schaltstücke sind abgestuft und – ebenso wie die beweglichen Schaltstücke – hartversilbert.



Mit Gießharz isolierter Innenraumtrenner nach DIN 43635, Reihe 10, Nennstrom 2500 A, Nennstoßstrom 160 kA

Als Antrieb für die Trenner wurde der Doppelkolben-Druckluftantrieb beibehalten, der zusammen mit dem Betätigungsventil eine pneumatische Stellungsmeldung der Trenner ermöglicht und damit den Einbau des Hilfsschalters außerhalb des Hochspannungsraumes ermöglicht. Trenner bis zu 1250 A Nennstrom können selbstverständlich auch mit Schaltstange oder Gestängeantrieb von Hand betätigt werden.

Gleichzeitig mit dieser Umstellung ist man bei Innenraumtrennern für Mittelspannungen zur Gießharzisolierung übergegangen. Zwar werden nach wie vor noch Trenner mit Porzellanstützern gefertigt, aber das Hauptgewicht liegt auf Trennern mit Rippenstützern aus Gießharz. So sind z. B. alle nach DIN 43635 erforderlichen neuen Trenner – die nicht aus bereits vorhandenen Trennern entwickelt werden konnten, sondern völlig neue Konstruktionen erforderten – nur mit Gießharzisolierung vorgesehen. Die bekannten Vorzüge der Rippenisolatoren aus Gießharz kommen bei den Trennern voll zur Geltung, weil auch die Isolierkoppeln aus Gießharz bestehen und in Rippenform ausgeführt sind. Als Hauptpunkte sind hier die hohe Stehwechselspannung auch bei sehr leitfähigen Oberflächenfremdschichten – die »Verschmutzungssicherheit« – und die hohe Beständigkeit im Kurzschlußlichtbogen zu erwähnen.

Durch die Verwendung von Rippenstützern aus Gießharz genügen die Trenner trotz Beibehaltung der bisherigen kleinen Abmessungen – die z. T. sogar noch verringert werden konnten – auch der neuen VDE-Vorschrift 0111/2.61, obwohl die darin geforderten Stehstoßspannungen teilweise beträchtlich über die bisher zulässigen Werte hinausgehen.

Netztransformatoren für den unmittelbaren Anschluß von Kabeln

VON HERMANN ADOLPH

In Umspannstationen müssen Hoch- und Niederspannungskabel häufig unmittelbar an die Transformatoren angeschlossen werden, vor allem, wenn die Umspanner im Freien stehen. Die Verbindung der Kabel mit dem Transformator muß dabei nicht nur ausreichende elektrische und mechanische Betriebssicherheit, sondern auch genügenden Schutz gegen Berührung und Verschmutzung der spannungsführenden Teile bieten. Sie soll allen Witterungseinflüssen gewachsen sein. Außerdem müssen die Kabel ohne Beschädigung oder Zerstörung der zubereiteten Enden in einfacher Weise vom Transformator gelöst werden können.

Die Siemens-Schuckertwerke haben für Verteilungstransformatoren mit Öl- oder Clophen-Füllung Konstruktionen geschaffen, die diese Forderungen erfüllen.

Transformatoren mit Klemmenabdeckhaube

Bis zur Reihenspannung 10 kV sind Klemmenabdeckhauben (s. Bild 1) eine besonders zweckmäßige, technisch und wirtschaftlich günstige Lösung. Die Abdeckhauben werden zweiteilig ausgeführt. Das fest auf dem Deckel des Transformatorbessels angeschweißte Unterteil trägt die Einführungsstutzen für die Kabel. Das abnehmbare obere Teil ist gegen das untere Teil abgedichtet und kann leicht nach oben abgezogen werden. Die Durchführungen liegen dann frei, so daß reichlich Platz für die Kabelmontage zur Verfügung steht.

Die Kabeleinführungsstutzen sind ebenfalls geteilt. Ihre Unterseiten sind mit dem Unterteil der Abdeckhaube verschweißt. Die Oberseiten der Stutzen lassen sich nach Entfernen einiger Schrauben abnehmen und ermöglichen ein bequemes Einlegen der Kabel in die Stutzen. Das »Einfädeln« der Kabel wird durch diese Ausführung vermieden. Das bringt den Vorteil, daß beim Auswechseln des Transformators keine Kabelarbeiten zu leisten sind. Abfangschellen entlasten die Kabeladern von Zug.

Der Anschluß auf der Oberspannungsseite wird sich meistens mit einem einzigen Kabel durchführen lassen. In den seltenen Fällen, in denen zwei Kabel erforderlich werden, können die abgesetzten Aderenden noch ohne Schwierigkeit ausgekreuzt und an den Durchführungen angeschlossen werden.

Zur Ableitung der Ströme von der Niederspannungsseite des Transformators werden dagegen häufig mehrere Kabel erforderlich sein. Abhängig von der Leistung

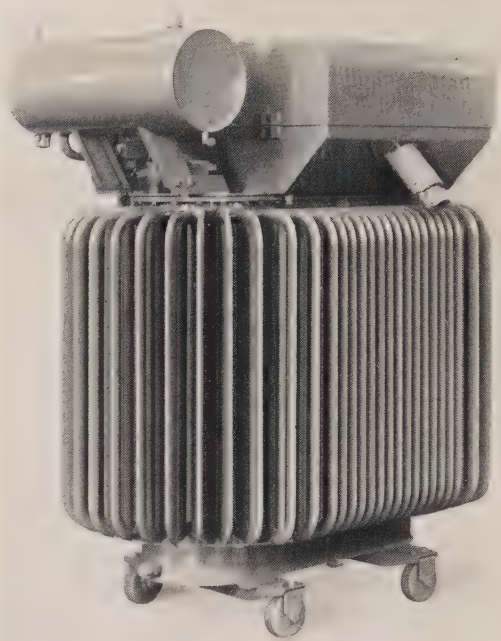


Bild 1 Transformator mit Klemmenabdeckhaube

können an die Klemmenabdeckhaube bis zu fünf Einführungsstutzen angebaut werden. Ein Hilfsschienensystem ermöglicht – auch bei einer größeren Anzahl – eine einfache Montage der einzelnen Kabel nebeneinander.

Klimastutzen sollen der Bildung von Schwitzwasser im Innern der Abdeckhaube vorbeugen. Dadurch ergibt sich für Transformatoren mit Klemmenabdeckhaube die Schutzart P 42 (Schutz gegen Berührung mit Hilfsmitteln jeglicher Art, Schutz gegen schädliche Staubablagerungen im Innern, Schutz gegen Spritzwasser aus senkrechten und schrägen Richtungen bis herunter zu 30° über der Waagerechten). Der Innenanstrich der Haube ist, ebenso wie der Außenanstrich des Transformators, in drei Schichten korrosionsbeständig ausgeführt. Thermometertaschen und Buchholzschutz sind außerhalb der Abdeckhaube angeordnet und ohne Behinderung jederzeit zugänglich. Der Antrieb für den Umsteller liegt dagegen unter der Abdeckhaube.

Fertigungstechnisch ergibt sich für Transformatoren mit Klemmenabdeckhaube der Vorteil, daß im wesentlichen normale Bauteile – vor allem normale Durchführungen – verwendet werden. Außerdem ist weder eine Öl- noch eine Massefüllung des Innenraumes der Haube nötig.

Die Klemmenabdeckhaube kann so ausgebildet werden, daß sowohl massegetränkte Kabel mit Metallmantel als auch Kunststoffkabel jeder Ausführung angeschlossen werden können. Soweit erforderlich, sind die Kabeladern – wie im Schaltanlagenbau bei Kabelmontagen in Luft üblich – mit Endenabschlüssen versehen.

Transformatoren mit vergießbaren Kabelanschlußkästen

Klemmenabdeckhauben können praktisch nur bei Transformatoren bis zu einer Reihenspannung von 10 kV verwendet werden. Für höhere Spannungen (20 kV, 30 kV) erfordern die in VDE-Regeln festgelegten Abstände zwischen den Klemmen und gegen Erde sowie die Längen der abzusetzenden Kabeladern in Luft so viel Platz, daß vergießbare Kabelanschlußkästen in den räumlichen Abmessungen wesentlich kleiner werden und sich im allgemeinen auch wirtschaftlicher herstellen lassen als Klemmenabdeckhauben. Die Endenisolation von Kabeln über 10 kV erfordert außerdem Materialien mit wesentlich besseren dielektrischen Eigenschaften als Luft, die sich bei der Verwendung üblicher Vergußmassen ohnehin ergeben. Zudem werden in Sonderfällen – z. B. in den Tropen – oft vergießbare Anschlußkästen auch für Verbraucherspannungen verlangt.

Vergießbare Kabelanschlußkästen (s. Bild 2) müssen ebenfalls den Forderungen nach elektrischer und mechanischer Festigkeit, nach Sicherheit gegen Berührung, Verschmutzung und vor Witterungseinflüssen, nach Trennbarkeit der Kabel vom Transformator ohne Beschädigung der zubereiteten Enden und Anschlußmöglichkeit sämtlicher Kabelarten genügen. Die Schutzart ist P 44 gemäß DIN 40 050.

Die Anschlußkästen sind an Rohrkrümmern auf dem Deckel des Transformators angeflanscht. In die Rohrkrümmer ist eine Isolierstoffplatte öldicht eingesetzt, so daß die Isolierflüssigkeit des Transformators nicht mit der Vergußmasse für die Kabel in Berührung kommen kann. Die Isolierstoffplatte trägt gleichzeitig die Transformator-Durchführungen, und zwar sind im Regelfall auf der Hochspannungsseite drei Bolzen für 200 A und auf der Unterspannungsseite vier Bolzen für 630 A eingebaut (Bild 3). Bei Stromstärken über 630 A müssen weitere Rohrkrümmer und Kabelanschlußkästen vorgesehen werden.

Der Kabelanschlußkasten ist zweiteilig ausgeführt. Das Unterteil ist mit dem Rohrkrümmer des Transformators öldicht verschraubt. Ein großer Deckel ist mit dem Unterteil über Schrägflansche dicht verbunden. Seine konstruktive Form bietet genügend Raum für die Kabelmontage. Die Vergußmasse bedeckt in jedem Betriebszustand die Dichtung der Schrägflansche und verhindert damit Undichtigkeiten. Weiterhin ist ein genügend großer Ausdehnungsraum zur Aufnahme von Vergußmasse bei der betrieblichen Wärmeatmung vorhanden. Um Glimmentladungen vorzubeugen, ist zur Abschirmung des Ausdehnungsraumes unterhalb des niedrigsten Ölstandes ein perforiertes Potentialblech angeordnet. Die Füll-, Entleerungs- und Erdungsschrauben sind gut zugänglich. Die Füllschraube hat einen Stift zum Prüfen des Standes der Vergußmasse.



Bild 2 Transformator mit vergießbaren Kabelanschlußkästen

Unten ist der Kabelanschlußkasten mit einer Abschlußplatte verschraubt. Abhängig von der Art des verwendeten Kabels – Gürtelkabel, Dreibleimantelkabel, Kunststoffkabel usw. – müssen geeignete Einführungsstüben vorgesehen werden, die am Montageort eingesetzt

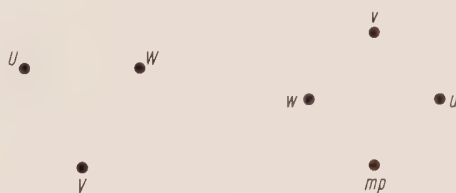


Bild 3 Anordnung der Hochspannungsklemmen (links) und der Niederspannungsklemmen (rechts) bei Transformatoren mit vergießbaren Kabelanschlußkästen

werden können. Die Abschlußplatte kann zwei Drei- oder Vierleiterkabel aufnehmen oder drei Einleiterkabel.

Für die Verbindung der Kabeladern mit den Durchführungsbolzen werden besondere Klemmen eingebaut. Sie ermöglichen ein leichtes Einlegen der blanken Leitungsenden des Kabels in die Klemmen ohne Verwendung von Kabelschuhen.

Thermometertaschen, Buchholzschutz und Umstellerantrieb sind ohne Behinderung zugänglich. Der Ölstandanzeiger am Ausdehnungsgefäß des Transformators ist leicht ablesbar.

Vorzüge der Schiffskabel mit Butylkautschuk-Isolierung

VON HORST HÜBNER

Infolge der schnellen Aufwärtsentwicklung der Schiffselektrotechnik in den letzten Jahren hat die Leistung der elektrischen Maschinen und Geräte und zugleich die Ausdehnung des Kabelnetzes an Bord eine erhebliche Steigerung erfahren. Der Anteil der elektrischen Anlage an der Gesamttonnage eines neuzeitlichen Frachtschiffes ist beträchtlich. Die schiffbauenden Firmen fordern daher Kabel mit geringem Gewicht und kleinem Durchmesser. Außer der großen Gewichtseinsparung bringen leichtere Kabel auch eine Verkürzung der Verlegezeit und vereinfachte Montage. Ferner wird das Einführen der Kabel in Geräte, Antriebsorgane, Schalttafeln usw. erleichtert (Bild 1).

Schiffskabel haben bis jetzt mit wenigen Ausnahmen Bleimäntel, die die Kabelseele vor Feuchtigkeit schützen. Aus Gründen der Sicherheit glaubte man, die Bleimäntel noch nicht für alle Anwendungsgebiete durch Kunstkautschukmäntel ersetzen zu können. Es sprechen auch noch andere Gründe dagegen: Bleimantellose Kabel sind zwar leichter als Bleikabel, aber nicht dünner, beanspruchen also den gleichen Platz; sie sind z.T. auch teurer. Deshalb konnten sie sich im Schiffbau nicht durchsetzen.

Den Forderungen nach dünneren und raumsparenden Kabeln für den Bau von Handelsschiffen kann zunächst nur durch höhere Belastung der Leiter entsprochen werden. Höhere Belastung bringt jedoch höhere Leitertemperaturen mit sich, erfordert also wärmebeständigere Isolierstoffe.

Seit langem gibt es Kabel mit Isolierungen aus lackierten Gewebebändern – sogenannte Lackbandkabel. Diese von Lloyd's Register of Shipping genehmigten Kabel dürfen am Leiter Temperaturen bis 80 °C erreichen. Sie können also höher belastet werden als die üblichen gummiisolierten Kabel (51 °C nach Lloyd's Register of Shipping, 60 °C nach Germanischem Lloyd). Die feuchtigkeitsempfindliche Isolierung der Lackbandkabel hat aber Nachteile. Wasserdichte Endenabschlüsse müssen vorgesehen werden, auch wenn die Kabeladern geschützt in Geräten liegen. Der Preis ist bei kleinen und mittleren Querschnitten gegenüber anderen Schiffskabelkonstruktionen sehr hoch. In Deutschland sind deshalb lackbandisolierte Kabel weniger gebräuchlich.

Man suchte nach geeigneteren Isoliermaterialien, die nicht nur die guten Eigenschaften der bisherigen Gummi-

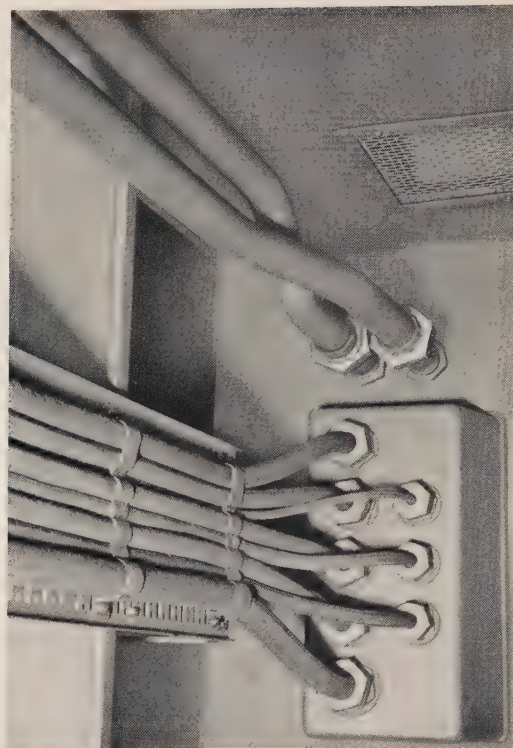


Bild 1 Wasserdichte Schottdurchführung von Schiffskabeln

isolierungen, sondern auch eine hohe Wärmefestigkeit haben. Außer den wärmebeständigen PVC-Mischungen, die auch bisweilen für Isolierungen an Schiffskabeln eingesetzt werden, hat der Butylkautschuk – ein Copolymerisat aus Polyisobutylen und Isopren – die gewünschten Eigenschaften. Butylkautschuk wird ebenso wie Naturkautschuk vulkanisiert, ist also gleichfalls elastisch wie Gummi. Er zeichnet sich gegenüber dem Naturkautschuk durch eine wesentlich geringere Wasseraufnahme und sehr niedrige Durchlässigkeit für Gase und Wasserdampf aus. Schiffskabel mit Butylkautschuk-Isolierungen bieten deshalb bei Feuchtigkeitseinwirkung auch eine größere elektrische Sicherheit als naturgummiisolierte und lackbandisolierte Kabel. Die elektrischen Eigenschaften entsprechen denen guter Naturkautschukmischungen.

Die Alterungsbeständigkeit des Butylkautschuks ist bedeutend besser als die der gebräuchlichen Naturkautschukmischungen. Da Butylkautschuk auch bei erhöhten Temperaturen noch eine ausreichende Dauerstandfestigkeit und Reißfestigkeit hat, wurde in Anlehnung an bekannte Auslandsvorschriften und in Übereinstimmung mit den Klassifikationsgesellschaften eine dauernd zulässige Betriebstemperatur von 80 °C am Leiter der Kabel festgelegt. Diese Temperatur liegt um 20 grd höher als bei den mit Naturkautschuk isolierten Schiffskabeln nach Vorschrift des Germanischen Lloyd und um 29 grd höher als bei den gummiisolierten Schiffskabeln nach Vorschrift

des British Lloyd. Gegenwärtig scheint keine Notwendigkeit zu bestehen, noch höhere Betriebstemperaturen zuzulassen.

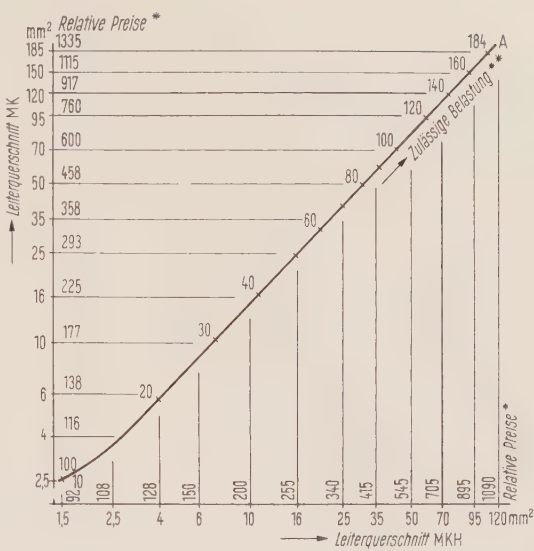
Eine Gegenüberstellung der Belastungsstromstärken von Schiffsbleikabeln mit Naturkautschuk- und Butylkautschuk-Isolierung ergibt, daß bei gleicher Belastung Einleiter-Butylkabel bis zum Leiterquerschnitt von 95 mm² etwa um eine, darüber um zwei Querschnittsstufen gegenüber Naturkautschuk-Kabeln kleiner gewählt werden können (s. Bilder 2 und 3). In günstigen Fällen ist es sogar bei Querschnitten unter 95 mm² möglich, Butylkabel um zwei Leiterquerschnittsstufen kleiner zu wählen. Soll z.B. für einen Verbraucher von 100 A Nennstrom ein Einleiterkabel bestimmt werden, so ergibt sich nach DIN-Norm bei Schiffsgummibleikabeln – z.B. den üblichen MK-Kabeln mit Stahldrahtbefechtung über dem Bleimantel – ein Leiterquerschnitt von 50 mm². Das Kabel hat einen Außendurchmesser von 18 mm. Bei Butylkabeln – z.B. MKH mit gleichem Aufbau, aber mit Butylkautschuk-Isolierung – genügt für diesen Belastungsstrom schon der um zwei Stufen geringere Querschnitt von 25 mm². Der Kabeldurchmesser beträgt hier nur 14,5 mm. Bei Dreileiterkabeln liegen die Verhältnisse ähnlich. Mit Hilfe von Butylkautschuk-Isolierungen kommt man mit dünneren und leichteren Kabeln aus.

Außerdem bieten Kabel mit Butylkautschuk-Isolierung Preisvorteile. Kabel gleicher Aderzahl und gleichen Querschnitts mit Butylkautschuk-Isolierungen sind zwar teurer als Kabel mit Naturkautschuk-Isolierungen, stellt man aber belastungsgleiche Kabel einander gegenüber – also Butylkabel mit kleineren Leiterquerschnitten und gummiisierte Kabel mit größeren Leiterquerschnitten – so sind die butylisolierten Kabel z. T. bedeutend billiger. Die Kurve in Bild 2 gibt die belastungsgleichen Leiterquerschnitte und die jeweiligen Stromstärken an. Die Belastungswerte gelten für 60°C am Leiter bei Gummi und 80°C am Leiter für Butylkautschuk, entsprechend den DIN-Vorschriften 89150 des Germanischen Lloyd.

Berücksichtigt man, daß die Vorschriften von Lloyd's Register of Shipping bei mit Naturkautschuk isolierten Kabeln z. Z. nur eine Leitertemperatur von 51°C (124°F) zulassen, so ergibt sich hier eine noch größere Querschnitts- und Kosteneinsparung.

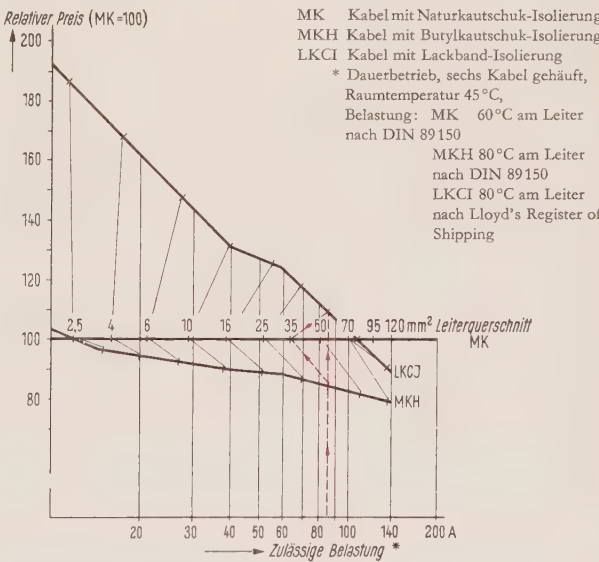
Bild 3 zeigt für gummiisierte MK-Kabel, butylisierte MKH-Kabel und lackbandisolierte LKCI-Kabel mit Bleimantel und Stahldrahtbefechtung die Abhängigkeit des relativen Preises (MK = 100%) von der Belastung. Hier zeigt sich, daß Lackbandkabel preislich ungünstiger sind als Butylkabel, aber z. T. auch ungünstiger als MK-Kabel. Technisch und wirtschaftlich bieten Lackbandkabel keine Vorzüge; sie können daher durch Butylkabel ersetzt werden.

Butylkabel sind z. Z. unter den gebräuchlichen Kabeltypen die technisch günstigsten und auch wirtschaftlichsten Schiffskabel, weil sie höher belastbar, preisgünstiger



MK Kabel mit Naturkautschuk-Isolierung
MKH Kabel mit Butylkautschuk-Isolierung
* Die Preise sind auf MK 3 x 2,5 mm² (= 100%) bezogen
** Dauerbetrieb, sechs Kabel gehäuft, Raumtemperatur 45°C (nach DIN 89150)
Beispiel: Für eine Belastung von 135 A benötigt man ein Kabel 3 x 120 mm² MK (relativer Preis 917) oder ein Kabel 3 x 70 mm² MKH (relativer Preis 705)

Bild 2 Belastungsgleiche Querschnitte und relative Preise von Dreileiter-Schiffskabeln mit Bleimantel und Stahldrahtbefechtung



Beispiel: Für eine Belastung von 85 A benötigt man ein Kabel 3 x 35 mm² MKH oder 3 x 70 mm² MK oder 3 x 35 mm² LKCI. Die Kabelpreise stehen hierbei im Verhältnis 83:100:108

Bild 3 Relative Preise von Dreileiter-Schiffskabeln, in Abhängigkeit von der zulässigen Belastung

und leichter als Gummi- und Lackbandkabel sind. Außerdem werden Verlegung und Montage erleichtert und vereinfacht.

An der steigenden Verwendung der Butylschiffskabel und dem Rückgang bei anderen Kabelkonstruktionen – vor allem bei Lackbandkabeln – erkennt man die zunehmende Umstellung der Verbraucher auf den neuen Kabeltyp.

Innenraumleuchten mit Xenonlampen

VON HANS WEIK

Die Forderungen an die »Güte der Beleuchtung«, wie sie für Innenräume in DIN 3035 niedergelegt sind, beziehen sich nicht nur auf die Höhe der Beleuchtungsstärke, sondern u.a. auch auf die Lichtfarbe, die keine unnatürlichen oder entstellenden Farbeindrücke hervorrufen soll. Auf verschiedenen Arbeitsgebieten, beispielsweise in der Textil- und Papierindustrie, im Druckereigewerbe und der chemischen Industrie, kommt es oft auf ein genaues Erkennen und Vergleichen von Farben an. An solchen Stellen muß die spektrale Zusammensetzung des künstlichen Lichtes möglichst gut der des Tageslichtes angeglichen sein.

In derartigen Fällen wurde bisher meistens auf Leuchtstofflampen mit Tageslichtfarbe zurückgegriffen. Jetzt sind jedoch durch die Entwicklung der OSRAM-Xenon-Hochdruck-Langbogenlampe ganz neue Möglichkeiten gegeben, mit geringerem Aufwand auch größte Räume mit »künstlichem Tageslicht« jeder geforderten Beleuchtungsstärke zu beleuchten.

Xenon-Hochdruck-Langbogenlampen gibt es heute mit Leistungen von 6, 10, 20 und 65 kW. Sie bestehen aus verhältnismäßig dünnwandigen, mit dem Edelgas Xenon gefüllten Quarzrohren und sind hinsichtlich ihrer tageslichtgleichen Lichtfarbe allen anderen künstlichen Lichtquellen überlegen.

Zum Zünden ist kurzzeitig eine Zündspannung von etwa 50 bis 90 kV (je nach Lampenart) erforderlich. Zur Strombegrenzung wird eine Drossel vorgeschaltet.

Xenonlampen haben sich in verschiedenen Flutlicht- und Platzbeleuchtungsanlagen bereits bewährt. Für die Innenraumbeleuchtung dürften zunächst die kleineren Lampen in Betracht kommen.

Bei der Entwicklung der ersten Innenleuchte für Xenon-Langbogenlampen mit Leistungen von 6, 10 und 20 kW konnten die mit dem LICHTFLUTER* und Mastleuchten gewonnenen Erfahrungen weitgehend genutzt werden; dennoch mußte in vieler Hinsicht Neuland beschritten werden. So beträgt z.B. die Leuchtdichte bei den 6- und 10-kW-Lampen 140 Sb (gegenüber 0,6 Sb bei einer 40-W-Leuchtstofflampe), und die Oberflächentemperatur der Xenonlampen erreicht etwa 700 °C. Deshalb waren Überlegungen und Versuche erforderlich, um die zweckmäßigste Leuchtenform und die Art der zu verwendenden Baustoffe festzulegen.

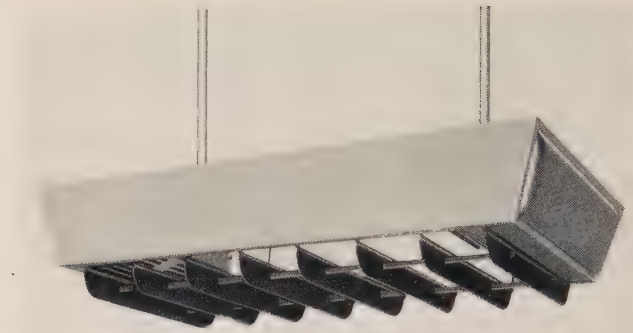


Bild 1 Innenleuchte mit Xenon-Hochdruck-Langbogenlampe

Die Leuchte (Bild 1) besteht aus zwei Grundelementen: den für alle Ausführungen gleichen Stirnteilen sowie dem Mittelrahmen. Eine geteilte Scheibe aus temperaturbeständigem Glas absorbiert die störende UV-Strahlung der Lampe in den unteren Halbraum. Sofern nichts anderes gefordert wird, ist der Rahmen nach oben offen, so daß sich eine gleichförmige Lichtverteilung ergibt.

Durch Verwendung von Si-ALOX*-Rinnenspiegeln verschiedener Formen kann in Richtung quer zur Lampenachse entweder eine starke Lichtbündelung oder eine große Breitstrahlung erreicht werden. Parallel zur Lampenachse ist, bedingt durch Form und Eigenschaft der Lampe, eine große Breitstrahlung vorhanden.

Lamellenblenden verhindern den Blick auf die Lichtquellen unter flachen Blickwinkeln.

Die Schaltung (Bild 2) erfordert außer den Lampenstromzuführungen (über die entfernt aufgestellte Drossel) keinerlei Steuerleitungen. Der Starter ist ein normaler Glimmstarter für Leuchtstofflampen.

Die Anwendungsmöglichkeiten der neuen Leuchten sind vielseitig. Die hervorragenden Eigenschaften des Xenonlichtes werden den neuen Leuchten weitere Verwendungsgebiete in der Beleuchtung großer Räume erschließen, z.B. Gemädegalerien, Kongreß- und Ausstellungshallen usw.

* Eingetragenes Warenzeichen

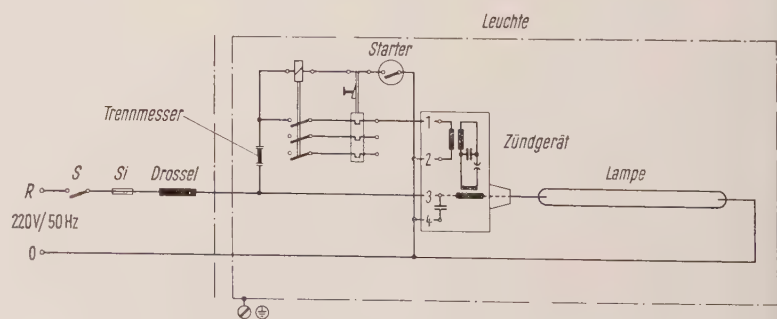


Bild 2 Starterschaltung für Xenonlampen 6 und 10 kW

Neuzeitliche Hochspannungszählsätze

VON LOTHAR GORYCZKA

Großabnehmer elektrischer Energie werden von den Energie-Versorgungs-Unternehmen nach Sonderabnehmerverträgen beliefert. Die Abrechnungsunterlagen werden mit Hilfe des beim Abnehmer installierten Zählsatzes gewonnen. Er umfaßt außer den Zählern auch die erforderlichen Tarifgeräte. Sowohl für die Zählung als auch für die Anzeige der gemessenen Tarifgrößen – zu denen in den meisten Fällen die höchste im Durchschnitt z. B. einer Viertelstunde gemessene Leistung (das »Maximum«) gehört – wird die größte mit wirtschaftlich vertretbarem Aufwand erzielbare Genauigkeit verlangt.

Grundsätzlicher Aufbau der Zählsätze

Etwa ein Drittel aller Sonderabnehmer ist unmittelbar an das Hochspannungsnetz angeschlossen. Dabei überwiegt die hochspannungsseitige Zählung. Die Hochspannungszählsätze bestehen aus Spannungswandlern, Stromwandlern und den (dem jeweils vereinbarten Tarif entsprechenden) Zählern. Die Spannungswandler müssen der Klasse 0,5 angehören. Da die Betriebsspannung in der Praxis nur unwesentlich von der Nennspannung abweicht, sind die durch Spannungswandler verursachten Zusatzfehler sehr klein und außerdem konstant. Sie brauchen daher in die Betrachtungen über die Genauigkeit der Zählsätze nicht einbezogen zu werden.

Stromwandler

Als Stromwandler kommen für Zählsätze entweder Wandler der Klasse 0,5 mit einer Belastbarkeit von 120 % des Nennstromes oder der Klasse 0,5 G mit einer Belastbarkeit von 200 % des Nennstromes in Betracht, weil sich Zählerfehler sowie Stromfehler und Fehlwinkel der Stromwandler bei induktiver Belastung gut ausgleichen. Wandler der Klassen 0,2 und 0,2 G ergeben nur bei Zählsätzen für wechselnde Energierichtung und stark schwankenden Leistungsfaktor kleinere Gesamtfehler. Die Stromwandler werden in der Praxis nach dem für die betreffende Übergabestelle errechneten Kurzschlußstrom gewählt, der beim Stromwandler von der primären Nennstromstärke und der Kurzschlußfestigkeit der betreffenden Bauart abhängt. Die Kurzschlußfestigkeit kann aber mit Rücksicht auf einen wirtschaftlich vertretbaren Aufwand an Kupfer und Kernmaterial nur bestimmte Grenzwerte erreichen, so daß Wandler mit kleinen Übersetzungsverhältnissen oft dem errechneten Kurzschlußstrom nicht genügen. In Anlagen mit hohen Kurzschlußströmen wird deshalb für die Stromwandler

eine höhere primäre Nennstromstärke gewählt, so daß die tatsächliche Belastung solcher Wandler meistens 30 % des primären Nennstromes nicht übersteigt. Der Arbeitsbereich solcher Stromwandler ist somit in den Kleinlastbereich verschoben, so daß eine Erweiterung des Meßbereichs nach unten erforderlich ist. Untersuchungen an Hochspannungs-Stromwandlern in beglaubigungsfähiger Ausführung zeigten, daß sich die meisten Stromwandler hierfür ohne weiteres eignen; dies gilt besonders für Stromwandler mit Bandringkern.

Meßwandlerzähler

Beim Zusammenstellen der Zählsätze ist zu beachten, daß die Nennstromstärke der Zähler und der Stromwandler übereinstimmen muß, wenn der Zählsatz eich- bzw. beglaubigungsfähig sein soll. Da bei Stromwandlern die sekundären Nennstromstärken mit 5 und 1 A genormt sind, gibt es nur Meßwandlerzähler für 5 oder 1 A Nennstromstärke. Allerdings kommen Stromwandler mit 1 A sekundärer Nennstromstärke sehr selten vor, sie werden meistens nur in Freiluftschaltanlagen verwendet, um die Stromwandler nicht durch zu lange Verbindungsleitungen zu überbürden. Der Meßbereich des Zählers kann zwar größer sein als der des dazugehörigen Stromwandlers; davon wurde aber bisher kein Gebrauch gemacht, weil es keinen Vorteil bringt, wenn die Grenzstromstärke des Zählers die des Stromwandlers erheblich übersteigt. Nachdem aber die Meßgenauigkeit der Stromwandler im Kleinlastbereich unter 5 % Nennstrom noch außerordentlich gut ist, bieten sich



Bild 1 Großbereich-Maximumzähler Da 304 mk mit nach unten erweitertem Meßbereich

die für direkten Anschluß entwickelten hochbelastbaren Großbereichszähler für eine Meßbereich-Erweiterung des Zählsatzes nach unten an¹⁾. Die Zähler werden nun nach der Grenzstromstärke des Stromwandlers ausgewählt. Für einen normalen mit 120 % belastbaren Stromwandler mit 6 A Grenzstrom kommt entweder der mit 400 % belastbare Grundtyp mit 1,5 A Nennstrom oder der mit 600 % belastbare Grundtyp mit 1 A Nennstrom in Betracht. Für die mit 200 % belastbaren Großbereich-Stromwandler mit 10 A Grenzstrom nimmt man den mit 400 % belastbaren Grundtyp mit 2,5 A Nennstrom. Der Meßwandlerzähler mit nach unten erweitertem Meßbereich wird mit 5 A Nennstrom beschriftet; alle technischen Angaben, wie Belastbarkeit, Nenndrehzahl, Nenndrehmoment, Anlauf und Nennbürde bzw. Leistungsaufnahme im Strompfad, sind auf diese 5 A bezogen. Das Ergebnis ist ein neuer mit 120 bzw. 200 % belastbarer Meßwandlerzähler, der sich gegenüber den anderen Zählern durch ein erhöhtes Drehmoment, eine höhere Drehzahl, leichteren Anlauf zwischen 0,1 und 0,2 % des Nennstromes und vor allem durch höhere Meßgenauigkeit im Kleinlastbereich bei etwa gleicher Bürde auszeichnet. Nur aus dem Typenbezeichnungszusatz, z. B. 1,5/6, ist noch zu erkennen, für welchen Nenn- und Grenzstrom der entsprechende Zähler bei direktem Anschluß ausgelegt wäre, weil die ursprüngliche Auslegung für den Verlauf der mittleren Fehlerkurve, die Zählwerkübersetzung und die Einstellung des Zählers maßgebend sind.

Der Vergleich der Fehlerkurven (Bild 2) zeigt, daß der Meßwandlerzähler 1/6, der sich aus dem mit 600 % belastbaren Grundtyp ableitet, gegenüber der aus dem mit 400 % belastbaren Grundtyp abgeleiteten Ausführung 1,5/6 nur eine unwesentliche Erweiterung des Meßbereiches bringt. Der Meßwandler-Zähler 1/6 bietet jedoch einen anderen Vorteil: er darf mit den beiden genormten Nennstromstärken 1 und 5 A beschriftet und beglaubigt

werden. Diese Maßnahme dient weniger zur Vereinfachung der Lagerhaltung – 1-A-Zählsätze sind verhältnismäßig selten – als vielmehr zur Erweiterung der bestehenden Eich- bzw. Beglaubigungsfehlergrenzen, sofern dies erwünscht und als notwendig erachtet wird. Bei Verwendung als 1-A-Meßwandlerzähler entfällt die Erweiterung des Meßbereiches nach unten, obwohl sie gerade bei diesen Zählsätzen erwünscht wäre; Meßwandlerzähler 0,3/1,2 oder 0,5/2 wären hier vorzuziehen.

Die Erweiterung der Meßbereiche ermöglicht eine Verminderung der Stromwandler-Lagerhaltung, weil man mit wenigen Primärnennstromstärken auskommen kann. Bei den mit 200 % belastbaren Großbereich-Stromwandlern genügen die primären Nennstromstärken 5, 50 und 500 A, um alle Belastungsbereiche lückenlos zu überstreichen. Als Meßwandlerzähler kommt hierfür die Ausführung 2,5/10 in Betracht.

Tafel 1 soll den Unterschied zwischen Zählsätzen mit 120 und 200 % Belastbarkeit in einem 10-kV-Netz veranschaulichen. Die Zähler sind an Stromwandler mit 50 A primärer Nennstromstärke angeschlossen.

Daraus geht hervor, daß der Einsatz von Großbereich-Stromwandlern Kl. 0,5 G mit 200 % Belastbarkeit in Verbindung mit Meßwandlerzählern 2,5/10 mit nach unten erweitertem Meßbereich den größten Meßbereichgewinn bringt. Für neu zu beschaffende Zählsätze sollte daher diese Ausführung bevorzugt werden.

Meßwandlerzähler mit nach unten erweitertem Meßbereich werden sowohl mit zwei (Dreileiterzähler) als auch mit drei Triebssystemen (Vierleiterzähler) für Zählsätze mit zwei bzw. drei Stromwandlern gebaut. Für Zählsätze hochspannungsseitig beliefert Abnehmer genügen im allgemeinen Dreileiterzähler in Verbindung mit zwei Stromwandlern. Nur dort, wo die Summe der drei Ströme ungleich Null ist (Erdschluß- oder Ladeströme), werden Vierleiterzähler in Verbindung mit drei Stromwandlern eingesetzt.

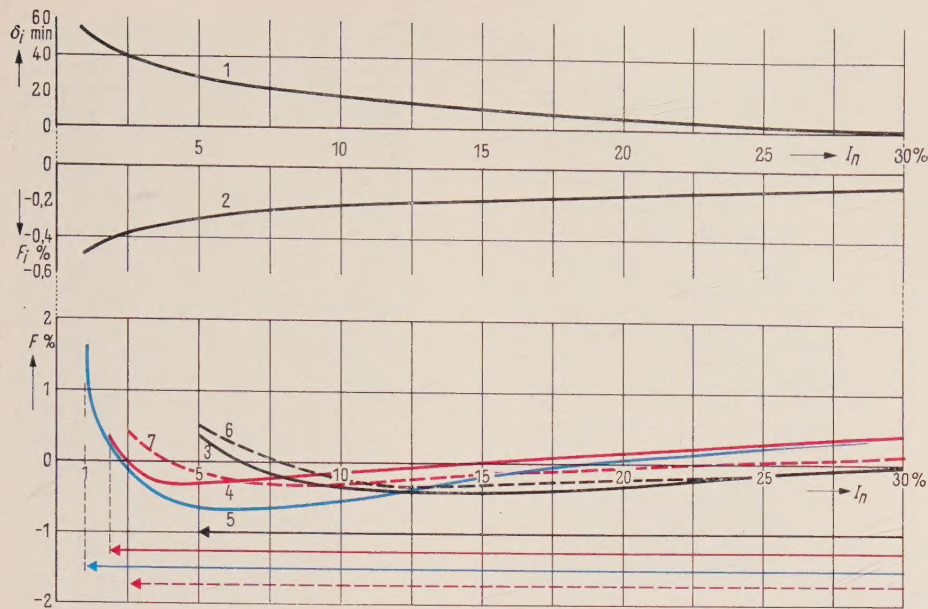
Maximumzähler

Bei Maximumzählern ist grundsätzlich zwischen der Zählung des Verbrauchs und der Maximumanzeige zu unterscheiden. Für die Zählung gilt das gleiche wie für die bereits erwähnten Meßwandlerzähler. Im unteren Teil des Meßbereiches kommt ein Zusatzfehler hinzu, der von der Reibung im Maximumwerk herrührt und sich im Lauf der Zeit vergrößern kann. Bei Zählern mit direkt angetriebenem Maximumwerk versucht man daher, die Anfangsreibung durch Steinlagerung der schnelllaufenden Achsen, sorgfältig eingestellten Zahneingriff u. a. zu vermindern und damit die Rückwirkung auf die Meßgenauigkeit herabzusetzen.

Belastbarkeit		120%	200%
Meßwandlerzähler		1,5/6	2,5/10
Nennleistung	kW	866	866
Grenzleistung	kW	1040	1732
Anlauf	kW	0,8	1,4
Meßtechnisch verwendbar bis herab zu	kW	13	21,6
Untere Grenze des amtlichen Meßbereichs	kW	43,3	43,3

Tafel 1 Kennwerte von Zählsätzen mit 120 und 200 % Belastbarkeit in einem 10-kV-Netz

1) Franck, S.: Eine neue Reihe Drehstromzähler für Wirk- und Blindverbrauch. Siemens-Zeitschrift 35 (1961) 292 bis 294



- 1 Fehlwinkel | des Stromwandlers
- 2 Stromfehler | A 10 P 3 c,
10 VA, Klasse 0,5 G
- 3 Fehlerkurve des bisher gebräuch-
lichen Meßwandlerzählers D 16 A
(150% belastbar)
- 4 Fehlerkurve des neuen Meßwandler-
zählers D 304 1,5/6
- 5 Fehlerkurve des neuen Meßwandler-
zählers D 306 1/6
- 6 Fehlerkurve des bisher gebräuch-
lichen Meßwandlerzählers D 16
(200% belastbar)
- 7 Fehlerkurve des neuen Meßwandler-
zählers Da 304 2,5/10

Bild 2 Fehlerkurven von
Stromwandlern und
Meßwandlerzählern
im unteren Meßbereich

Das anzeigende Maximumwerk hat wie jedes Meßinstrument mit analoger Anzeige bei Endausschlag seine höchste Anzeige- und Ablesegenauigkeit. Bei überdimensionierten Zählsätzen ist daher die Maximumanzeige entsprechend ungenau. Eine Anpassung des Maximumwerkes an die tatsächliche Belastung wäre mit einer einschneidenden Einengung des Meßbereiches verbunden.

Der in Bild 1 gezeigte Maximumzähler ist ein Großbereich-Maximumzähler mit digitaler Anzeige des Meßwertes. Der Meßwert wird in gleich große Schritte unterteilt (»quantisiert«), mechanisch weitergegeben und bis zur Abfrage oder Überweisung auf das Maximumzählwerk gespeichert. Anzeige- und Ablesefehler treten daher nicht auf. Der einzige mögliche Fehler ist der sogenannte Systemfehler; er kommt dadurch zustande, daß bei Bildung des Leistungsmittelwertes maximal 1 Quant in die falsche Meßperiode fallen kann. Bei Grenzlastergebnissen je Meßperiode 1200 bis 2000 Einheiten. Liegt das Maximum bei 30% der Nennlast, so ist der Fehler kleiner als $\pm 1/3\%$, wogegen er beim Maximumzähler mit analoger Anzeige mindestens zehnmal so groß ist. Das Maximumzählwerk dient zugleich als Kontrollzählwerk, weil es die Maxima addiert. Das Maximum ergibt sich aus der Differenz von neuem und altem Zählwerkstand nach der Überweisung am Ende des Abrechnungsabschnittes in ganzen Leistungseinheiten. Zahnteilung und Rastung sind so aufeinander abgestimmt, daß nur ganze Schritte übertragen werden und Getriebefehler – wie Zahnluft, Wellentorsion und Kuppelfehler – ohne Einfluß auf die Maximumanzeige bleiben.

Bei diesem Maximumzähler entlastet ein Verstärkermotor das Zählermeßwerk vollkommen von der Antriebsarbeit des Maximumwerkes. Der Zählerläufer kuppelt,

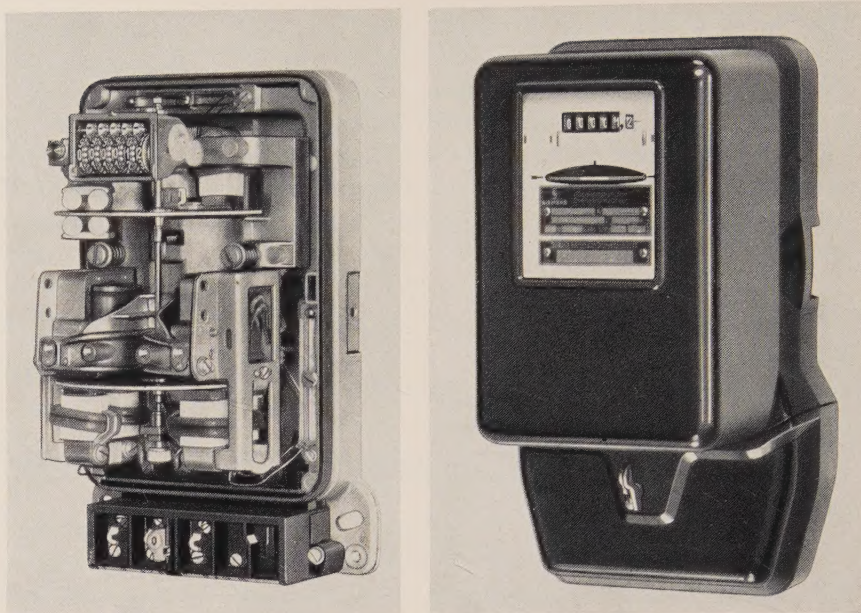
nachdem er einen bestimmten Weg zurückgelegt hat, über eine Schaltkulissee den Verstärkermotor für jeweils eine volle Umdrehung mit dem Maximumwerk, so daß Rückwirkungen auf die Genauigkeit der Zählung ausgeschlossen sind.

Fernzählung

Soll das Summen-Maximum der von einem Abnehmer über mehrere Übergabestellen beanspruchten Leistung gebildet werden oder sind die Leistungsmittelwerte der aufeinander folgenden Meßperioden auf Registrierstreifen festzuhalten, so verwendet man Kontaktgeberzähler und Fernzählgeräte. Die fortlaufende Übertragung der Zählerangaben geschieht durch elektrische Impulse, die das im Zähler eingebaute Kontaktgabewerk im Takt der Läuferumdrehungen abgibt. Jedem Impuls – d. s. Stromstöße von 0,1 s Dauer – ist entsprechend der Zählernennleistung ein bestimmter runder Arbeitswert, z. B. 0,5 Wh oder 1 kWh, zugeordnet. Der Impulswert wird so gewählt, daß bei Grenzleistung etwa 1000 Impulse auf eine Meßperiode von 15 min entfallen.

Der Systemfehler von ± 1 Impuls ist daher bei Belastung mit 30% Nennstrom im ungünstigsten Fall $\pm 0,4\%$. Die Impulsweitergabe über große Entfernungen, die Summierung und Differenzbildung, die Speicherung des Meßwertes im registrierenden Maximumwerk und die Ausgabe der geschriebenen, gedruckten oder gelochten Werte am Ende jeder Meßperiode ist vollkommen fehlerfrei und unempfindlich gegen Störungen. Die elektromechanische Kraftverstärkung wird im Zähler zur Entlastung des Meßwerkes angewendet, im Fernzählwerk dagegen, um genügend Kraftreserven für den Antrieb der Tarifeinrichtung zu haben.

Bild 1 Drehstromzähler (Reihe D 30)
für langen, überholungsfreien Einsatz



Eine neue Reihe Drehstromzähler für Wirk- und Blindverbrauch

VON SIEGFRIED FRANCK

Das Nürnberger Zählerwerk der Siemens-Schuckertwerke hat seine Fertigung vor einigen Jahren auf einen neuen Zählertyp ausgerichtet, der in Zusammenarbeit mit den Elektrizitäts-Versorgungs-Unternehmen aus einer als wichtig erkannten Entwicklung entstanden ist: Zähler mit einer langen, überholungsfreien Lebensdauer.

Um dieses Ziel zu erreichen, mußten fast alle Bauteile des Zählers neu entwickelt werden, in erster Linie die Teile,

die einem größeren Verschleiß unterliegen und die bisher die Lebensdauer der Zähler stark eingeschränkt hatten, z. B. Lager, Zählwerk, Gehäuse und Klemmenblock. Aber auch die mechanische Stabilität des Zählers, die magnetische Stabilität der Bremsmagnete, die Isolierung, die Sicherheit vor Korrosion und nicht zuletzt die Triebssysteme mußten verbessert werden, weil auch davon die Lebensdauer der Zähler beeinflußt wird.

Bei dieser umfassenden Neuentwicklung besonders der Grundelemente des Zählers war es notwendig und selbstverständlich, zunächst mit dem Einphasen-Wechselstromzähler zu beginnen. Es entstanden die vollkommen gleich aufgebauten Zähler W 203, W 204 und W 205, die sich nur in ihrer Belastbarkeit unterscheiden (die Endziffer der Typenbezeichnung der neuen Reihe mit drei Ziffern gibt die Belastbarkeit als Mehrfaches des Nennstromes an). Die Reihe wird noch durch die Zähler W 206 ergänzt, die mit dem sechsfachen Nennstrom belastet werden dürfen.

Der Wechselstromzähler-Reihe W 20 folgte kurze Zeit später die neue Drehstromzähler-Reihe D 30, die aus den gleichen Grundelementen aufgebaut ist [1]. Diese Reihe ist inzwischen so vervollständigt worden, daß man lückenlos alle erforderlichen Drehstromzählungen – mit Vier- und Dreileiterzählern, für Wirk- und Blindverbrauch, bei direktem Anschluß oder Meßwand-

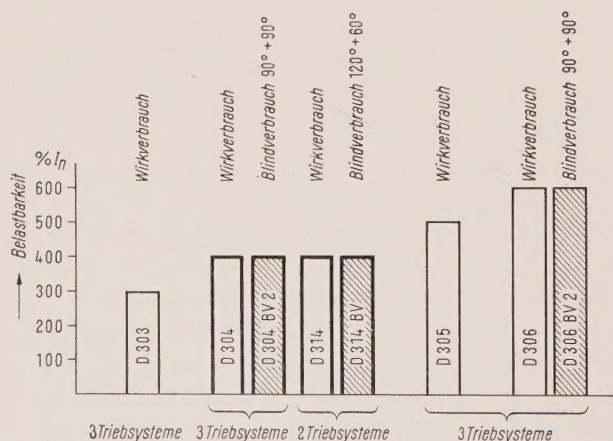


Bild 2 Belastbarkeit der neuen Drehstromzähler für Wirk- und Blindverbrauch

ler-Anschluß, für Ein- und Zweitarif sowie Maximumtarif – ausführen kann.

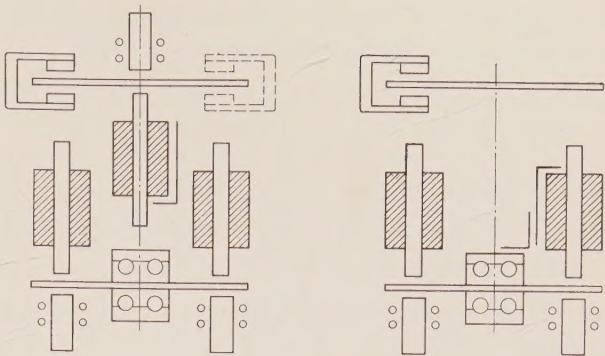
Die Zähler (Bild 1) sind gleich aufgebaut und bezüglich ihrer Belastbarkeit, Nenndrehzahlen und Fehlerwerte aufeinander abgestimmt; sie lassen sich zu einfachen und leicht eichbaren Meßsätzen zusammenstellen.

Bild 2 gibt einen Überblick über die Belastbarkeit der neuen Drehstromzähler. Der Bereich mit dem vierfachen Nennstrom hat sich (wie bei den Wechselstromzählern) als der am häufigsten verwendete und daher wichtigste ergeben.*

Für diesen Hauptbereich mit der Belastbarkeit $4 I_n$ wurde die Reihe mit allen Typen vollständig ausgestattet, die bei Drehstromzählungen überhaupt benötigt werden. Es sind Zähler mit drei Triebssystemen (Vierleiterzähler) und mit zwei Triebssystemen (Dreileiterzähler) für Wirk- und Blindverbrauch vorhanden.

Für die Belastungsbereiche mit dem drei-, fünf- und sechsfachen Nennstrom genügt je ein Wirkverbrauch-Vierleiterzähler. Für den höchsten Belastungsbereich $6 I_n$ ist außerdem ein Blindverbrauch-Vierleiterzähler vorgesehen.

Die neue Reihe umfaßt ein meßtechnisch sehr weites Gebiet. Trotzdem war es möglich, alle Zähler dieser



Drei Triebssysteme
Zwei Triebssysteme
Bild 3 Aufbau der Meßwerke

neuen Reihe in gleicher Größe mit kleinen Gehäuseabmessungen auszuführen. Außerdem stimmen jeweils die Meßwerkträger, die Läufer mit zwei Scheiben, die Triebsystemabmessungen, das Zählwerk usw. überein.

Dies war aufgrund der günstigen, raum- und gewichtsparenden Meßwerkanordnung (Bild 3) möglich. Zwei seitliche Triebssysteme und ein dazwischenliegender Bremsmagnet wirken jeweils auf die untere Scheibe. Beim Zähler mit drei Triebssystemen kommt noch das dritte Triebssystem auf der oberen Scheibe hinzu. Seitlich ist Platz für einen oder zwei weitere Bremsmagnete. Zähler bis zum fünffachen Nennstrom benötigen nur einen, Zähler für sechsfachen Nennstrom dagegen – wegen der notwendigen stärkeren Abbremsung (kleine Nenndrehzahlen) – oben zwei Bremsmagnete.

Aufgrund der Verteilung der Bremsmagnete ist der Anwärmefehler bei beiden Zählerarten mit drei und zwei Triebssystemen sehr klein.

* Zähler mit Langzeit-Charakteristik sollen vorsorglich auch eine Großbereich-Charakteristik haben, der heute im Zusammenhang mit den Großbereichwandlern eine zusätzliche Bedeutung zukommt.

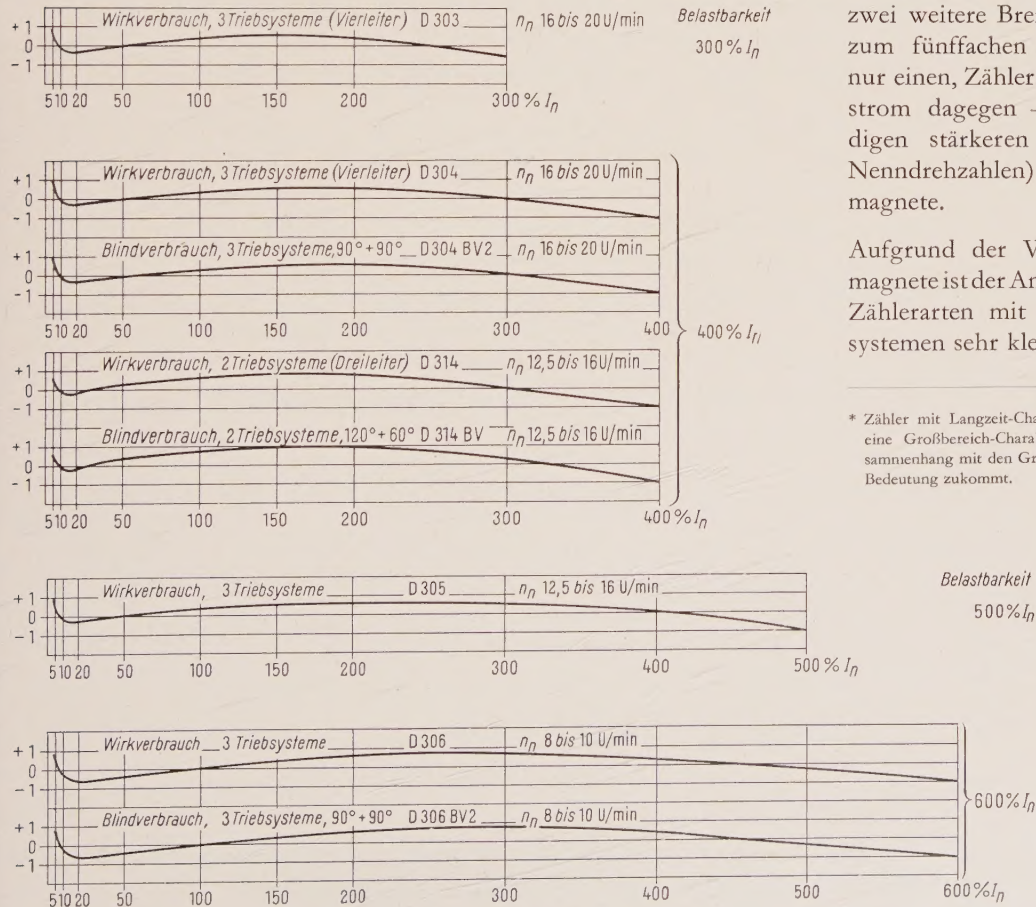


Bild 4 Fehlerkurven und Nenndrehzahlen der neuen Reihe Drehstromzähler für Wirk- und Blindverbrauch

Diese günstige Meßwerkanordnung konnte gewählt werden, weil zwei Voraussetzungen erfüllt waren:

- a) Die gegenseitige Beeinflussung der beiden auf die gleiche Scheibe wirkenden Triebssysteme (Wechseltriebe) läßt sich durch eine Kompensationswicklung beseitigen [2].
- b) Die verwendeten Bremsmagnete (Tromalit [3]) sind gegen entmagnetisierende Felder sehr stabil.

Als Blindverbrauchzähler wurden die im Aufbau einfachen Ausführungen mit Kunstschaltung (90°- und 120°- Typen)* in diese Reihe aufgenommen. Dadurch ist es möglich, auch für Blindverbrauch mit Zählern auszukommen, die denen für Wirkverbrauch in Größe und Aufbau und in ihren Nenndrehzahlen und Fehlerkurven entsprechen.

Die für die Blindverbrauchszählung mit drei Triebssystemen gewählte Ausführung für 90° unterscheidet sich vom Wirkverbrauchzähler nur durch eine andere Schaltung (Spannungswicklungen für Dreiecksspannungen) und kann deshalb so einfach wie der Wirkverbrauchzähler geeicht werden. Diese Zähler können in Vierleiter- und Dreileiternetzen verwendet werden.

Bei den Blindverbrauchszählern mit zwei Triebssystemen ist diese Schaltung nicht anwendbar. Hier muß man die 120°-Schaltung anwenden, die gewisse, äußerlich kaum

sichtbare Änderungen im Triebssystem zum Erzielen der 60°-Verschiebung erforderlich macht (Widerstände vor der Spannungsspule, zusätzliche Belastungsbrillen am Stromeisen mit sekundären Eisenringen zur Verringerung des Anwärmefehlers, vergrößerte Nebenschlußluftspalte am Spannungseisen).

Bild 4 gibt einen Überblick über die Nenndrehzahlen und Fehler der Zähler dieser neuen Drehstromzähler-Reihe. Zusammengehörige Wirk- und Blindverbrauchzähler haben immer die gleichen Nenndrehzahlen. Das ist für den Einsatz in Meßsätzen wichtig. Die Fehler aller Zähler dieser nun im wesentlichen abgeschlossenen Reihe sind praktisch untereinander gleich und sehr niedrig, wie man es von Zählern mit langer, überholungs-freier Lebensdauer fordern muß.

* Die verschiedenen Arten der Blindverbrauchzähler mit Kunstschaltung unterscheiden sich durch die Winkel, um die die Spannungen, die den einzelnen Triebssystemen zugeführt sind, hinter denen eines entsprechenden Wirkverbrauchszählers zurückbleiben (äußere Verschiebung). Dazu kommt die innere Verschiebung im Triebssystem, die sich mit der äußeren zu 180° ergänzt.

Schrifttum:

- [1] Franck, S.: Ein echter Drehstrom-Langzeitzähler. ETZ-B 9 (1957) 133 und 134
- [2] Beetz, W. und Nützelberger, H.: Die Abhängigkeit der Drehstromzähler von der Phasenfolge und die Mittel zu ihrer Beseitigung. E. u. M. 50 (1932) 377 bis 381 und 393 bis 398
- [3] Edler, H.: Doppelspur-Tromalit-Bremsmagnet für Elektrizitätszähler. ETZ-B 5 (1953) 330 bis 333